

UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON

- MEDECINE -

U. E. R. ALEXIS-CARREL

Année 1979 - N° 400

**APPORTS DE LA TOMODENSITOMETRIE
DANS L'EXPLORATION
DE L'APPAREIL LOCOMOTEUR.**

THESE

présentée

à l'Université Claude-Bernard - LYON

et soutenue publiquement le 23 Octobre 1979

pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

par

Jean-Eudes BOLOT

Interne des Hôpitaux de Lyon

né le 31 Janvier 1949

à CASABLANCA (Maroc)

29

UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD - LYON

MÉDECINE

M. E. R. ALFONSO-CARRA

Thèse 1984-85

Digitized by the Internet Archive
in 2026

THÈSE

Jean-Eudes DOLOT

Médecin des hôpitaux de Lyon

18-10-85 (Lyon) 1985

UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON
- MEDECINE -
U. E. R. ALEXIS-CARREL

Année 1979 - N°

**APPORTS DE LA TOMODENSITOMETRIE
DANS L'EXPLORATION
DE L'APPAREIL LOCOMOTEUR.**

THESE

présentée

à l'Université Claude-Bernard - LYON

et soutenue publiquement le 23 Octobre 1979

pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

par

Jean-Eudes BOLOT

Interne des Hôpitaux de Lyon

né le 31 Janvier 1949

à CASABLANCA (Maroc)

UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON

- MEDICINE -

U. E. R. ALEXIS-CARRIEL

Année 1978 - 79

APPORTS DE LA TOMODENSITOMETRIE
DANS L'EXPLORATION
DE L'APPAREIL LOCOMOTEUR.

THÈSE



présentée

à l'Université Claude-Bernard - LYON

et soutenue publiquement le 28 Octobre 1979
pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

par

Jean-Eudes BOLOT

Médecin des Hôpitaux de Lyon

né le 31 Janvier 1949

à CASABLANCA (Maroc)

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD - LYON I

Président : Mr le Professeur D. GERMAIN

Premier Vice-Président : Mr le Professeur EL BAZ

Deuxième Vice-Président : Mr E. OUDIN, Maître Assistant

Troisième Vice-Président : Mlle A. ECHALLON, Etudiante

Secrétaire Général de l'Université : Mr J. RAMBAUD, Administrateur civil

Unités d'Enseignement et de Recherche (U.E.R)

Faculté de Médecine GRANGE-BLANCHE : Mr le Professeur B. Salle

Faculté de Médecine ALEXIS CARREL : Mr le Professeur R. MORNE

U.E.R. de Médecine LYON NORD : Mr le Docteur J.P. NEIDHARDT, Maître de Conférences

Faculté de Médecine LYON SUD : Mr le Professeur J. NORMAND

U.E.R. des Sciences Pharmaceutiques : Mr le Professeur C.A. BIZOLLON

U.E.R. des Techniques de Réadaptation : Mr le Professeur A. MORGON

U.E.R. des Biologie Humaine : Mr J.P. REVILLARD, Maître de Conférences

U.E.R. d'Education Physique et Sportive : Mr A. MILLON, Professeur EPS

U.E.R. des Sciences Odontologiques : Mr le Docteur R. VINCENT

U.E.R. de Mathématiques : Mr le Professeur P. PICARD

U.E.R. de Physique : Mr le Professeur J. DELMAU

U.E.R. de Chimie Biochimie : Mr le Professeur J. HUET

U.E.R. des Sciences de la Nature : Mr le Professeur R. GINET

U.E.R. des Sciences Physiologiques : Mlle le Professeur J.F. WORBE

U.E.R. de Physique Nucléaire : Mr le Professeur M GUSAKOW

I.U.T. 1 : Mr le Professeur A. VILLE

I.U.T. 2 : Mr J. GALLET, Directeur ENSAM

Observatoire de Lyon : Mr G. MONNET, Astronome Adjoint

U.E.R. de Mécanique : Mlle le Professeur G. COMTE-BELLOT

RESPONSABLES D'ENSEIGNEMENT DE LA
FACULTE ALEXIS CARREL

1er CYCLE :

Anatomie : M. le Professeur BOUCHET Alain
Biologie : M. le Professeur GIROD Christian
Chimie-Biochimie : M. le Docteur NOFRE, Maître de Conférences Agrégé
Histologie-Embryologie-Cytogénétique : M. le Professeur GIROD Christian
Mathématiques-Statistiques : M. le Professeur SITE Jean
Physiologie : M. le Docteur PELLET Michel, Maître de Conférences Agrégé
M. le Docteur SCHMITT Michel, Maître de Conférences Agrégé
Physique-Biochimie : M. le Professeur BERGER Michel
Psychologie Médicale : M. le Professeur GUYOTAT Jean
Sciences Sociales et Economie Médicale : M. le Professeur ROCHE Louis

2ème CYCLE :

Anatomie Pathologique : M. le Professeur TOMMASI Michel
M. le Docteur LOIRE Robert, Maître de Conférences Agrégé
Bactériologie : M. le Professeur FLEURETTE Jean
Cardiologie : M. le Professeur GONIN André
M. le Professeur DELAHAYE Jean-Pierre
Chirurgie cardiaque :
Chirurgie digestive : M. le Professeur MAILLET Paul
Chirurgie infantile : M. le Docteur DAUDET, Maître de Conférences Agrégé
Chirurgie osseuse-Orthopédique : M. le Professeur de MOURGUES Georges
M. le Docteur COMTET Jean-Jacques, Maître de Conférences Agrégé.
Dermatologie : M. le Docteur PERROT Henri, Maître de Conférences Agrégé
Endocrinologie : M. le Docteur BERTHEZENE François, Maître de Conférences Agrégé
Gastro-Entérologie : M. le Docteur DESCOS Louis, Maître de Conférences Agrégé
Génétique Générale : M. le Professeur HERMIER Michel
Gynécologie : M. le Professeur ROCHET Yves
M. le Docteur BREMOND Alain, Maître de Conférences Agrégé
Hygiène : M. le Docteur MONIER Jean-Claude, Maître de Conférences Agrégé
Maladies infectieuses : M. GIROUD Maurice, Professeur Agrégé du Val de Grâce
Maladies du Sang : M. le Professeur REVOL Louis
Médecine expérimentale : M. le Professeur MORNEX René
Médecine Légale : M. le Professeur ROCHE Louis
Médecine du Travail : M. le Professeur BOURRET Jacques
Néphrologie : M. le Professeur FRANCOIS Bernard
Neuro-Chirurgie : M. le Docteur FISCHER Georges, Maître de Conférences Agrégé
M. le Docteur DERUTY Robert, Maître de Conférences Agrégé.

Neurologie : M. le Professeur DEVIC Michel
M. le Docteur TROUILLAS Paul, Maître de Conférences Agrégé

Obstétrique : M. le Professeur GARMIER René

Ophthalmologie : M. le Professeur PAUPERT-RAVAULT Maurice

Oto-Rhino-Laryngologie : M. le Professeur MARTIN Henri

Parasitologie : Mlle le Docteur BATTESTI M. Rose, Chef de Travaux

Pédiatrie : M. le Professeur FRANCOIS René

Pharmacologie : M. le Docteur EVREUX Jean-Claude, Maître de Conférences Agrégé

Pneumo-Phtisiologie : M. le Professeur TOURAIN Roger
M. le Docteur BERNARD Jean-Pierre, Maître de Conférences Agrégé

Psychologie : M. le Professeur GUYOTAT Jean
M. le Docteur MARIE-CARDINE Michel, Maître de Conférences Agrégé

Radiologie : M. le Docteur BUFFARD Pierre, Maître de Conférences Agrégé
M. le Docteur CHOLLAT Louis, Maître de Conférences Agrégé

Rhumatologie : M. le Professeur MEUNIER Pierre

Séméiologie Chirurgicale : M. le Docteur VIGNAL Jacques, Maître de Conférences Agrégé

Séméiologie Médicale : M. le Professeur VIALA Jean-Jacques

Stomatologie : M. le Professeur DUMAS Pierre

Thérapeutique, Rééducation et Réadaptation Fonctionnelle : M. le Docteur EYSSETTE Michel,
Maître de Conférences Agrégé.

Traumatologie, chirurgie générale : M. le Docteur SPAY, Maître de Conférences Agrégé
M. le Docteur TISSOT, Maître de Conférences Agrégé.

Urgence-Réanimation : M. le Professeur DELEUZE Raymond
Mme le Docteur ESTANOVE Suzanne, Maître de Conférences Agrégé

Urologie : M. le Docteur PERRIN Paul.

* * *

EXAMINATEURS DE LA THESE

PRESIDENT : Monsieur le Professeur E. LEJEUNE

ASSESSEURS : Monsieur le Docteur J. DUQUESNEL, Maître de Conférences Agrégé
Monsieur le Docteur M. BOCHU, Maître de Conférences Agrégé
Monsieur le Docteur L. FISCHER, Maître de Conférences Agrégé
Monsieur le Docteur E. TISSOT, Maître de Conférences Agrégé
Monsieur le Docteur J.F. MAZOYER

*Nous sommes honoré qu'ils aient accepté de bien vouloir
juger ce travail.*

Nous dédions notre thèse

A LA MEMOIRE DE NOTRE FRERE AINE

LE DOCTEUR JEAN-FRANCOIS BOLOT

*Maître de Conférences Agrégé
Médecin des Hôpitaux de LYON*

*Nous remercions ceux qui nous ont aidé
dans l'élaboration de cette thèse :*

- le Professeur M. BOCHU*
- le Docteur J.L. LERAT, M.C.A.*
- le Docteur G. GONON*
- le Docteur J.F. MAZOYER*
- le Docteur J. BERARD*
- le Docteur R. KOHLER*

Nous sommes reconnaissant

aux Laboratoires GUERBET par l'intermédiaire de Monsieur PELLIER

*à la Maison AGFA-GEVAERT par l'intermédiaire de Monsieur GAUTHIER
et Monsieur JOUVE*

pour leur participation à ce travail.

Nous remercions aussi Monsieur PICONE de la Maison ILFORD.

P L A N

INTRODUCTION	1
I. ASPECTS TECHNIQUES	2
– matériel	2
– conduite de l'examen	2
– installation du malade : problèmes	2
– mesure de densitométrie	2
– irradiation	2
II. LA COLONNE	4
A) Technique d'examen	4
– installation du patient	4
– repérage des niveaux	4
– les coupes	5
– injection de contraste	5
– amélioration	6
B) Aspects normaux	6
– le contenant	6
– le contenu	7
C) Atteinte de la colonne	7
– les canaux étroits	7
– les lésions intra-rachidiennes	9
– les scolioses	10
– les greffes	11
– les fractures	12
III. L'ARTICULATION COXOFEMORALE	21
– Explorations radiologiques conventionnelles	21
– Aspects technique	21
– Morphologie de la hanche en TDM	21
– Coxométrie en TDM	22
– Les principales applications : la dysplasie.....	23
la luxation congénitale	24

IV. LES AXES DES MEMBRES INFERIEURS	29
A. L'examen à la TDM : protocole, pièges	29
B. Les résultats : le genou	32
la torsion tibiale	32
V. L'ARTICULATION FEMORO PATELLAIRE	36
A) Protocole	36
B) Mesures	36
C) Dynamique rotulienne normale	36
D) Dynamique rotulienne pathologique	37
E) Etude morphologique intra articulaire	37
VI. LES TUMEURS OSSEUSES DE L'APPAREIL LOCOMOTEUR	41
A) Protocole d'examen	41
B) Etude de la tumeur osseuse	41
C) Orientation thérapeutique	42
D) Différenciation tumeur bénigne - tumeur maligne	43
VII. AUTRES AFFECTIONS DE L'APPAREIL LOCOMOTEUR OU LA TDM A ETE ETUDIEE	47
A) L'ostéomyélite	47
B) L'ostéochondrite / L'ostéonécrose	47
C) Les épiphysiodèses	48
D) Les tumeurs des parties molles	48
E) Traumatologie	48
F) Le PAGET	49
VIII. CONCLUSIONS	53
BIBLIOGRAPHIE	58

INTRODUCTION



L'application de la Tomodensitométrie (TDM) en neurologie, puis dans les explorations de l'abdomen, du thorax et de l'espace rétropéritonéal est déjà bien connue.

L'appareil locomoteur bénéficie également de cette technique, et le but de ce travail est de préciser ses applications les plus intéressantes, et d'en définir la meilleure utilisation, l'élément nouveau étant essentiellement l'étude dans la troisième dimension.

L'expérience des explorations de l'appareil locomoteur par cette méthode est assez récente. Aussi a-t-il fallu étudier de nombreux protocoles d'examens pour recueillir des résultats interprétables et comparables d'un patient à l'autre.

A la lumière des investigations pratiquées dans le Service Central de Radiologie de l'Hôpital E. Herriot, nous avons abordé cette étude par pôles d'intérêts, suivant les demandes qui nous ont été faites, en particulier celles des orthopédistes et des rhumatologues.

Ainsi, passerons-nous en revue les examens de la colonne vertébrale, des hanches, du fémur, du genou, des os de la jambe, illustrés de quelques unes de nos observations.

Nous verrons ainsi les résultats obtenus, et les difficultés rencontrées.

Puis un chapitre annexe sera consacré aux autres problèmes que ceux des morphotypes de la colonne ou des membres inférieurs, avec en premier lieu les tumeurs osseuses, qui sont déjà largement décrites, et en deuxième plan, les autres atteintes rencontrées, en particulier les infections (ostéomyélite), les traumatismes, les tumeurs des parties molles ainsi que les ostéonécroses, la maladie de Paget, les épiphysiodèses.



I – ASPECTS TECHNIQUES.

- l'appareil utilisé est, dans le Service Central de Radiologie de l'Hôpital E. Herriot, un EMI Scanner 5005. L'épaisseur des coupes est de 13 mm, dont la durée de réalisation est soit 18 secondes, soit 60 secondes, à laquelle il faut ajouter 40 secondes, temps de calcul pour l'ordinateur.

– nous ne rappelons pas le principe de la tomодensitométrie (T.D.M.) bien décrit par de nombreux auteurs, mais citons les quelques problèmes techniques propres à l'étude de l'appareil locomoteur.

- l'examen doit être bien conduit, comme tout examen radiologique, par un spécialiste, jugeant de l'intérêt du nombre de coupes, de leur niveau, de l'interruption de l'examen.... le médecin doit préciser exactement ce qu'il recherche pour asseoir son diagnostic.

– le malade doit être installé confortablement, le plus perpendiculairement possible au plan de coupe pour recueillir des images superposables aux coupes anatomiques horizontales ; il doit être parfaitement immobile d'un bout à l'autre de l'examen, évitant ainsi la création d'artéfacts. On n'hésitera pas à pratiquer une sédation, en particulier chez l'enfant, pour obtenir ce résultat essentiel.

– la présence de matériel métallique crée aussi des artéfacts que l'on n'évite pas encore avec les techniques actuelles.

- les mesures de densitométrie pour évaluer le contenu calcique de l'os (13) ne sont pas actuellement possibles avec une grande précision (68).

Les problèmes du polychromatisme et d'énergie du rayonnement, l'existence d'artéfacts, l'effet de volume partiel, le caractère non homogène des matériaux, déjà bien connus en densitométrie classique, doivent être résolus (47). (LAVAL–JEANTET–LAMARQUE). On peut espérer éviter des ponctions biopsies pénibles et difficiles à répéter lorsque ces progrès seront réalisés.

- le danger des radiations

. Chaque coupe donne une irradiation de 1 rad peau.

. Une région examinée reçoit 3 - 5 rads, sachant que le rayon de la T.D.M. est collimaté, différent de "l'arrosage" tomographique classique, et de la tomographie axiale transverse en particulier.

L'irradiation est équivalente pour un examen de hanche à une série de tomographie (8 coupes) ou à un transit gastro-duodénal (46) (64).

Dans les explorations des axes des membres, les clichés standards recommencés de nombreuses fois sont plus dangereux quant au risque radique que les coupes stables et pratiquement sûres de la T.D.M.

De toute façon, ce problème pseudo écologique n'existe pas : si une indication est posée normalement, c'est qu'elle est bénéfique pour le malade, et utile au médecin ; elle est donc nécessaire, et, à ce moment le risque radique est minime eu égard à l'apport diagnostique.



II – LA COLONNE.

Dans l'étude de la colonne vertébrale comme dans les autres applications de la T.D.M. le fait intéressant est la possibilité de voir dans la troisième dimension.

Une visualisation précise des segments osseux, formant le canal rachidien, est possible ainsi que l'étude des parties molles et des éléments vasculo-nerveux.

Les applications seront donc :

- un diagnostic morphologique du canal (recherche de canaux étroits quelle que soit leur origine),
- le bilan des fractures, des greffes, des scolioses, intéressant les orthopédistes,
- les lésions intra-rachidiennes
- les lésions du rachis osseux et pararachidiennes avec dans ces deux derniers groupes, l'étude de leur structure et l'évaluation de leur densité.

A) TECHNIQUE D'EXAMEN

1) *Installation du patient.*

● on doit placer la colonne le plus perpendiculairement possible au plan de coupe pour avoir des mesures fiables.

Ceci est d'ailleurs vrai pour tous les segments de l'appareil locomoteur (36).

● le malade est :

– soit en décubitus dorsal : un coussin sous la tête, les genoux pliés, pour relâcher la musculature paravertébrale, et ainsi réduire les lordoses lombaires et cervicales et la cyphose dorsale.

– soit en décubitus ventral, un coussin sous l'abdomen, mais la colonne est moins perpendiculaire dans tous ses segments au plan de coupe.

● l'immobilité totale est indispensable à la conduite de l'examen et les coupes sont faites en arrêt respiratoire pour éviter les mouvements, en particulier celui des cathéters servant au repérage et à l'origine d'artéfacts.

2) *Centrage et repérage des niveaux.*

Il n'est matériellement pas possible d'explorer l'ensemble du rachis : l'examen sera orienté vers la région suspecte par la clinique, la radiographie standard, les tomographies, voire les explorations de contraste classique.

Le centrage et le repérage des niveaux :

- **dorso-lombaire** : on utilise des repères collés sur le corps, le long du rachis.

Ces repères sont des cathéters radio-opaques de différentes longueurs ; une radiographie standard de face est réalisée : on connaît alors le nombre de cathéters pour chaque niveau vertébral.

Sur les coupes T.D.M., il suffira de compter à chaque niveau, le nombre de cathéters sectionnés (26).

Ces cathéters ne donnent pas d'artéfact si les mouvements respiratoires sont minimes.

- **cervical** : les parties molles du cou sont trop mobiles, et le système des cathéters est mauvais.

C1 et C2 sont bien visibles sans marqueurs. Pour les autres, on part du trou occipital, on coupe tous les centimètres, et le repérage se fait en se rapportant à un cliché en téléradiographie cervical de profil (22).

- **la jonction cervico-dorsale** : si difficile à bien étudier en radiographie conventionnelle est repérée ici par l'insertion de la première côte. Deux problèmes persistent : le tunnel de l'appareil ne reçoit pas toujours des épaules larges, et le changement de courbure cervico-dorsal empêche des coupes bien perpendiculaires à ce segment.

3) Les coupes

Elles se font le plus souvent tous les 13 mm. L'utilisation des coupes de 6 mm d'épaisseur, jointives, permettront éventuellement, une reconstruction tridimensionnelle.

Ces coupes présentent deux sortes de pièges :

α) effet de volume partiel :

dans une coupe de 13 mm, on n'est jamais sûr de n'avoir que la vertèbre :

- le disque est rarement individualisé seul,
- les éléments de l'arc postérieur peuvent paraître plus minces que normalement et ainsi, un héli-arc apparaît plus mince et moins dense que l'autre ; un trou de conjugaison est visible, et l'autre invisible ou moins large.

β) l'orientation des coupes ne respectant pas les courbures fait que les vertèbres sont souvent sectionnées obliquement, ce qui déforme leur aspect. En fait, dans les mesures d'un canal, l'obliquité d'une coupe peut "agrandir" le canal et non le réduire.

4) L'injection de contraste

a) le contraste I.V. : se fait pour le bilan d'extension de lésions rachidiennes dans le même protocole que pour les lésions crâniennes, c'est à dire, une série de coupe avant

injection, puis une série de coupes identiques après injection pour étudier les structures dont la densité se modifie.

b) l'injection intrathécale de métrizamide :

pour les lésions intrarachidiennes, elle permet une étude beaucoup plus fine (2) (69). Cette injection ne se fait jamais en première intention : il faut posséder une myélographie classique.

En fait, on cherche à combiner les deux examens le même jour :

— pour la région cervicale, la T.D.M. peut se faire dans les suites immédiates de la myélographie à la métrizamide (MM).

— pour la région dorso lombaire, la concentration d'Amipaque* étant plus importante on est obligé d'attendre une dilution partielle pour entreprendre la TDM (2 b)

Lorsque l'examen se fait dans **un temps différent** de la myélographie, l'injection est pratiquée par voie lombaire (8 cm³ à 170 mg d'iode pour 100 ml), le malade devant tourner sur lui même (2 mn en procubitus, 2 mn en décubitus), en Tredelenburg, pour permettre l'opacification des régions cervicales et dorsales.

La T.D.M. est pratiquée dans la 1/2 heure suivant l'examen. Lorsqu'on cherche à mettre en évidence une cavité syringomyélique, l'examen doit être répété six heures après la première série de coupes (55).

5) Une amélioration est possible pour une meilleure lecture en évitant les mouvements intestinaux par une injection de glucagon ou autre spasmolytique lorsque le patient est en décubitus dorsal ; ceci est inutile en décubitus ventral. Enfin, l'agrandissement peut apporter un plus grand confort de lecture, sans modifier la richesse et la finesse des informations.

B) ASPECTS NORMAUX.

1) Le contenant

Les corps des vertèbres cervicales et dorsales ont un aspect homogène, bien que des îlots osseux denses puissent être parfois visibles (22). Dans la vertèbre lombaire, on remarque souvent une clarté arrondie (type lacunaire cerclé) à la partie postérieure des corps, correspondant à une hernie intraspongieuse (49). Les berges du canal sont toujours visibles, mais le bord antérieur peut être légèrement flou quand la coupe comprend le disque ; de même, le bord postérieur est moins distinct, quand la coupe est trop oblique par rapport au plan sagittal du canal.

La morphologie du canal passe d'une forme ovalaire à une forme triangulaire ou en trèfle, et elle est symétrique par rapport au plan sagittal. Les distances interarticulaires et interpédiculaires augmentent de haut en bas du segment lombaire (81). Le diamètre sagittal est plus variable mais ne mesure jamais moins de 10 mm (49).

2) *Le contenu*

La moelle n'est spontanément visible qu'en C1 - C2 où les espaces sous arachnoïdiens sont suffisamment larges.

Aux étages sous-jacents n'est décelable que l'ensemble du fourreau dural, séparé du canal osseux par de la graisse épidurale.

Après contraste iodé I.V., seuls les vaisseaux vertébraux dans le canal transversaire seront quelquefois identifiables, ainsi que parfois au niveau lombaire, les vaisseaux épiduraux antéro-externes.

Par contre, la métrizamide emplit les espaces sous arachnoïdiens, délimite la moëlle et les espaces épiduraux.

Les racines de la queue de cheval sont visibles et quelquefois les gaines radiculaires injectées d'Amipaque. La moelle, à l'étage cervical, présente une section ovalaire, et à l'étage dorsal, une section circulaire (22). Elle doit être complètement entourée de l'espace sous arachnoïdien opacifié, ce dernier séparé du squelette par la graisse épidurale (74 b).

C) *ATTEINTES de la COLONNE.*

1) *Les canaux étroits.*

C'est une sténose compressive, constitutionnelle ou acquise, produite par les parois du canal vertébral, sténose globale ou localisée.

Les mesures des diamètres aux différents niveaux du canal rachidien donnent en millimètre :

C1	extrême : 14 - 22 ;	moyenne : 17 - 20
C2	extrême : 12 - 20 ;	moyenne : 15 - 17

Un canal cervical est dit rétréci entre 10 et 15 mm ; il est dit étroit, lorsque le diamètre est inférieur à 10 mm.

Un canal lombaire est rétréci à 15 mm ; il est pathologique lorsque son diamètre est inférieur à 11,5 mm.

Dans le canal rachidien, il n'existe pas de "volume de réserve", et une petite déformation produira une sténose symptomatique. Le syndrome du canal étroit est le résultat d'un canal osseux vertébral qui n'est pas assez grand pour accueillir les racines nerveuses, les tissus méningés, et les structures extradurales.

Ce syndrome est caractérisé radiologiquement par :

- une constriction du diamètre interpédiculaire et sagittal du canal osseux,
- un épaissement et une orientation verticale de la lame, ainsi qu'un épaissement des facettes et des pédicules (70).

Les tomographies conventionnelles nécessitent une correction de l'agrandissement pour ramener les mesures à leur valeur réelle.

La tomographie axiale transverse permet une mesure des diamètres transverses entre les facettes articulaires postérieures notamment. Les diamètres sagittaux médians qui sont les plus fiables pour une étude comparative, ne peuvent être mesurés avec précision sur ces tomographies.

L'irradiation de la tomographie axiale transverse est en plus considérable, les expositions sont recommencées plusieurs fois pour obtenir un document valable.

- La tomodensitométrie donne avec exactitude la forme du canal et ses dimensions :

— *la forme* :

elle est régulière et symétrique dans les sténoses constitutionnelles ;

elle est irrégulière, souvent asymétrique dans les sténoses dégénératives (ostéoarthrites des facettes, arthrose, maladie de Paget) avec diminution des récessus latéraux (aspect en trèfle ou en fleur de lys asymétriques). L'étude du recessus latéral est importante : sur une coupe horizontale de T.D.M., il est limité en arrière par la partie moyenne de la facette articulaire supérieure et la lame, en dehors par le pédicule, en avant par le corps et le disque. La connaissance des variations du recessus latéral est nécessaire à l'évaluation d'une sténose latérale ; le recessus latéral est toujours plus large dans la région lombaire haute (canal ovale) et devient progressivement plus étroit dans la région basse où il est triangulaire.

La configuration et la taille de ce recessus dépend de la longueur du pédicule et de la distance interfacettes articulaires (49) (81).

Les mesures de ces paramètres sont intéressantes pour connaître une minime constriction latérale et voir si elle est symétrique ou non. L'arc dorsal est déformé, les lames épaissies et verticalisées.

— *les dimensions* : les mesures T.D.M. ont une précision de 1,5 mm bien que les coupes se fassent tous les 13 mm, et que la dimension soit une moyenne entre maximum et minimum dans cette épaisseur de coupe ; de plus, le canal comprend des segments articulaires et osseux : les deux sont compris dans la même coupe.

On introduit également l'erreur de l'opérateur qui place l'index de mesure sur l'écran et que l'on évalue à 1 ou 2 mm.

Le diamètre sagittal dépend de l'obliquité du plan de coupe par rapport au canal : des diamètres de 15 mm sont suspects ; en dessous de 10 mm, le diagnostic de canal étroit est certain.

La distance interpédiculaire est réduite (26).

- La T.D.M. couplée à la myélographie à la métrizamide (MMTDM) confirme le retentissement sur la moelle des éléments postérieurs hypertrophiés, des facettes, des pédicules. La métrizamide emplit presque tout le canal, et, la graisse épидurale, autour de l'espace sous arachnoïdien des sujets normaux, n'est ici pas visualisée.

En somme, les clichés simples ne montraient pas aussi bien les excroissances osseuses, source de compression des racines. La T.D.M. montre avec précision la coupe du canal et des trous de conjugaison, les récessus latéraux.

On se méfiera néanmoins d'une interprétation trop rapide, car une mauvaise orientation des coupes peut donner de faux positifs que l'on détectera en comparant les coupes sus et sous jacentes.

Le complément par une éventuelle injection intrathécale de métrizamide montre bien les rapports du canal et de la moelle.

2) *Les lésions intra-rachidiennes.*

Elles comprennent les tumeurs et les malformations. La finesse de leur étude est bien complétée par la myélographie à la métrizamide couplée à la T.D.M., sauf pour les méningocèles, les gros lipomes, ou les méningiomes calcifiés qui sont spontanément visibles.

a) *Les malformations :*

— dans les malformations de la ligne médiane, la T.D.M. montre la déhiscence de l'arc postérieur, avec la hernie méningée si elle existe.

— une moelle basse sera confirmée par MMTDM.

— les diastématomyélies : la malformation osseuse est vue par la TDM simple, l'image des deux moelles par MMTDM (35).

— dans le syndrome ARNOLD-CHIARI, on voit d'éventuelles lésions osseuses. L'étude de la moelle haute sera complétée par des coupes cérébrales à la recherche d'une éventuelle dilatation ventriculaire, ainsi que par des coupes fines, une reconstruction frontale et sagittale.

— les syndromes syringomyéliques : la TDM permet la mise en évidence d'un kyste spontanément visible. Tantôt la moelle est grêle, plate, flacide (cliché en décubitus latéral), tantôt elle peut être grosse ou normale.

Six heures après MMTDM, le kyste peut s'imprégner (55).

b) *Les tumeurs intra rachidiennes :*

Une série de coupe est pratiquée avec injection IV ; suivant le résultat, on complète l'examen par une MMTDM. Cette dernière, par le laminage des espaces sous arachnoïdiens, permet d'affirmer l'augmentation de grosseur de la moelle, donnant la situation, le volume de la masse, son extension intraspinale possible et paraspinale éventuelle.

La MMTDM est égale à la myélographie conventionnelle pour les tumeurs intraspinales; la T.D.M. est plus précise pour juger de l'extension totale, de la destruction osseuse, et pour la détection d'éventuelles calcifications intratumorales (78 b).

— dans le méningiome : on notera des calcifications visibles au TDM et non en radio conventionnelle.

La MMTDM est d'une aide précieuse si le méningiome n'est pas calcifié.

– Les neurofibromes (schwannomes, neurinomes) ne donnent pas de calcification mais provoquent des modifications osseuses plus fréquentes, et on note leur expansion extra-rachidienne.

– les lipomes : sont reconnaissables par leur coefficient d'atténuation bas (60).

Il ne s'agit pas de faire de l'histologie sur ces images, mais simplement une approche diagnostique, évaluant les rapports de la tumeur avec le rachis, découvrant l'existence d'une partie kystique... La corrélation avec les moyens conventionnels reste indispensable, et le plus souvent, la TDM permettra de conforter ou de redresser le diagnostic.

3) *Les scolioses.*

Le bilan d'une scoliose étudie l'inclinaison transverse et sagittale des corps vertébraux ainsi que leur rotation.

Les deux premières incidences sont bien vues par les clichés simples, alors que l'évaluation de la rotation était imprécise jusqu'à maintenant, et la silhouette de la vertèbre scoliostique dans la 3e dimension inconnue. En effet, pour chiffrer la rotation d'une vertèbre, on n'avait que le cliché de face, et on retenait deux repères essentiels : le pédicule, les transverses.

En fait, aucune des méthodes de mesure n'était satisfaisante pour plusieurs raisons :

- les repères manquent de précision dans les derniers 30° lors d'une rotation de 0 à 90°
- de 0 à 30°, les épineuses et le bord convexe des pédicules sont facilement reconnaissables, mais au delà, l'un et l'autre ne montrent plus le même aspect, et ne sont plus de bons repères.
- à 45°, le pédicule n'est plus bien visible.
- la variation de morphologie des pédicules, la différence d'inclinaison dans les plans frontal et sagittal arrivent à donner une erreur de mesure de 50 % dans une rotation initiale de 30° (8).
- enfin, les mesures les plus précises se font à 15° près, les repères n'étant pas assez distincts en dessous de ce degré de rotation.

Par ces procédés, il semble irréaliste d'essayer de déterminer la rotation vertébrale avec précision (57).

L'apport de la TDM est ici de deux ordres :

α) la mesure précise de la rotation vertébrale

- le malade installé ne bouge plus ;
- l'axe de la rotation se calculera par rapport à l'axe transversal du corps vertébral, et cet axe passera par le centre géométrique du corps vertébral, localisé par une construction simple.
- le plan de référence sera pour les mesures, le bord inférieur du cliché.

Ainsi, la rotation d'une vertèbre par rapport à l'autre sera calculée selon ce plan de référence qui est fixe une fois le malade installé.

β) La morphologie de la vertèbre, et ses rapports avec la cage thoracique :

La vertèbre scoliotique se structuralise dans sa rotation, suivant les axes de forces qui la déforment, et ses rapports avec la cage thoracique sont modifiés.

S'appuyant sur les côtes, suivant les lignes de force qui lui sont imposées, la vertèbre scoliotique est tournée vers la convexité de la scoliose.

L'imprécision qui sera due à une inclinaison latérale du corps vertébral, faisant que la coupe n'aura pas une image entière du corps, pourra être corrigée en superposant par un procédé photographique plusieurs coupes sur le même cliché, donnant ainsi une image de tout le corps vertébral, permettant une étude morphologique complète.

Ainsi, on aura un aspect précis de la forme de la vertèbre, de l'espace transverso costal, de l'évaluation de l'épaisseur des lames, enfin sur l'organisation de la rotation des vertèbres entre elles. Tous les renseignements sont indispensables lors d'un bilan préopératoire établi par le chirurgien.

En fait, il existe un problème dans les cyphoses ou les lordoses majeures tant sur le plan technique (installation du sujet) que sur l'interprétation des coupes.

4) Les greffes.

La TDM permet de reconnaître les éléments de consolidation, l'appréciation de la fusion des greffes corticales, des greffes sur laminectomie. En effet, les clichés permettent d'apprécier la qualité de la greffe (le degré de reconstruction osseuse), sa position.

Ce qui était difficile à voir même avec une tomographie à balayage complexe, est clair sur les clichés de TDM. Dans l'une de nos observations, on a une greffe non réussie car elle n'est pas antériorisée, il n'y a pas d'arthrodèse des articulaires, et les lignes de force travaillent loin de l'axe mécanique. Par contre, on constate sa prise osseuse de bonne qualité.

Un fait est à signaler : les arthrodèses sans matériel d'ostéosynthèse sont de plus en plus rares. Dans les greffes avec matériel d'ostéosynthèse, les artéfacts gênent l'interprétation correcte.

Donc, dans les greffes, la TDM permet le contrôle de la prise de la qualité osseuse, de la position de la greffe. Elle permet de révéler l'existence d'une pseudarthrose assez fréquente (40 - 50 %) dans les arthrodèses postérieures ou postéro-latérales lombosacrées.

5) Les fractures.

La TDM trouve là une application excellente révélant par la vue axiale privilégiée, des fractures ou des dislocations insoupçonnées. Elle ne sera toujours que le complément d'un bilan standard et radiotomographique. Dans les cas de bilan de colonne après un traumatisme, où la mobilisation est difficile, et où les manipulations entraînent de réels dangers, la TDM est un moyen d'étude simple, précis, donnant des renseignements valables, recueillis sans l'aide de méthodes agressives (84).

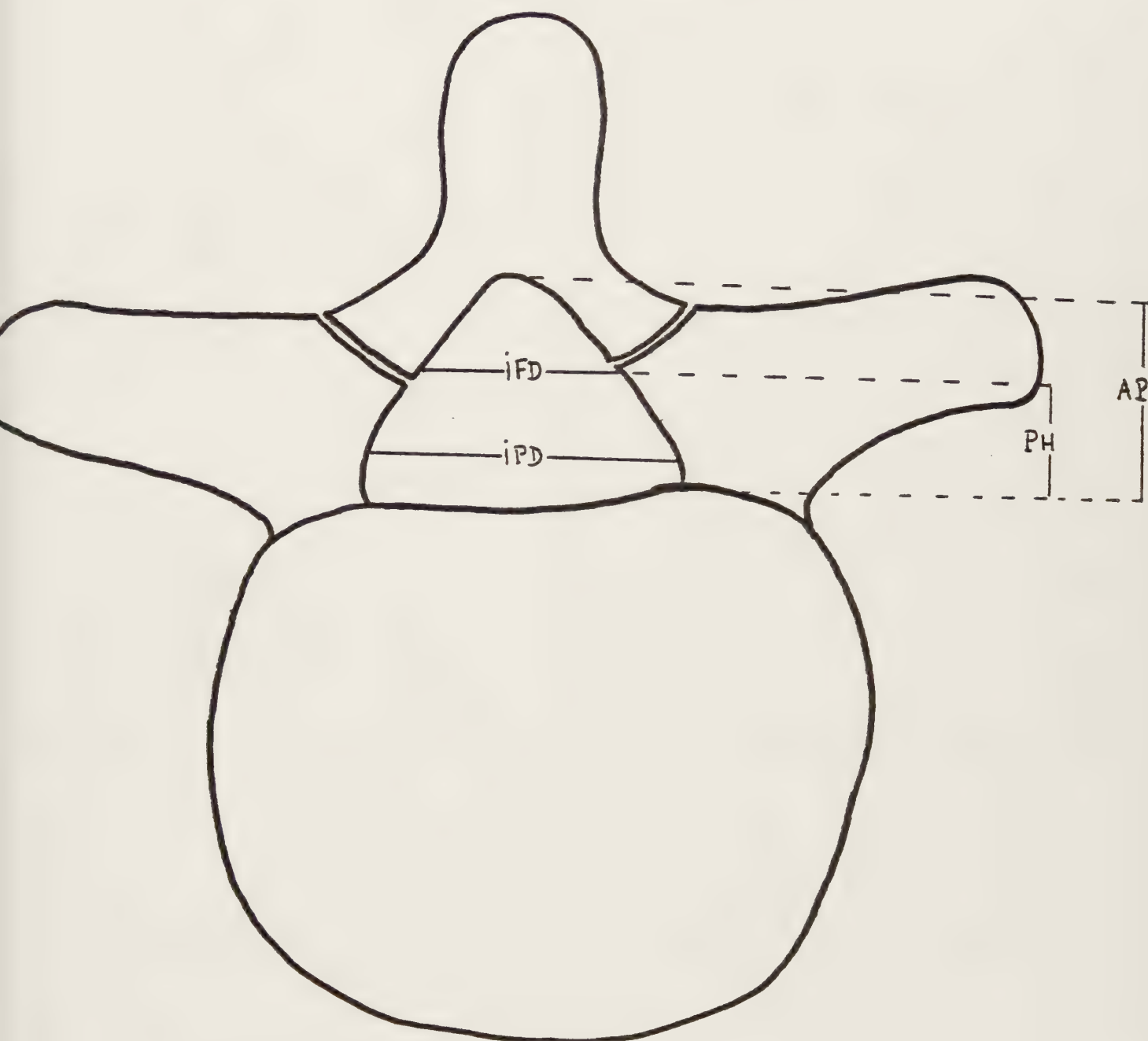
L'importance de la fracture, les fragments osseux, l'atteinte des arcs postérieurs, les rapports avec la moelle sont vus d'emblée, ainsi qu'un éventuel hématome paravertébral.

De plus, sur une lésion traumatique, on pourra avoir un aspect de lésion congénitale préexistante, comme un spondylochisis de l'atlas, qui comme le rapportent certains auteurs, avait d'abord été pris pour une fracture sur les radios simples, après un traumatisme.

Le spondylochisis ne fut démontré clairement que par la TDM.

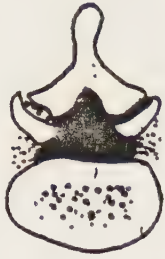


MESURES A ETUDIER
DANS L'EXAMEN D'UN CANAL

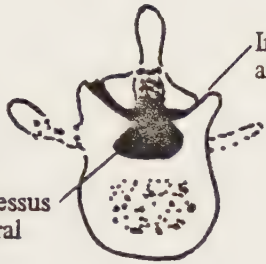


- AP : Diamètre sagittal
PH : Hauteur du pédicule
iFD : Distance interfacettes articulaires
IPD : Diamètre interpédiculaire.

VERTEBRE LOMBAIRE NORMALE

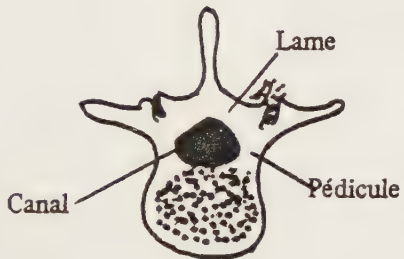


Trou de conjugaison



Interligne articulaire

Récessus latéral



Lame

Canal

Pédicule

MYELOGRAPHIE GAZEUSE d'un CANAL CERVICAL ETROIT

Conflit antérieur C3 – C6



T D M de ce canal cervical étroit.

La mesure se fait entre les index
visibles sur l'image du canal : 0,8 cm.

CANAL LOMBAIRE ETROIT :

MYELOGRAPHIE

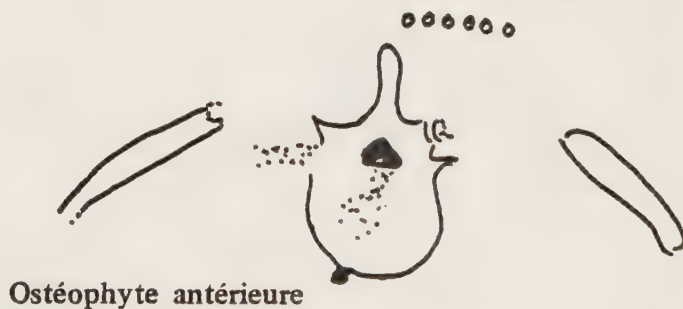
Lombalgies, sciatique gauche
surtout debout à la marche.

T D M de ce

CANAL LOMBAIRE ETROIT

Repérage du plan de coupe :

6 cathéters

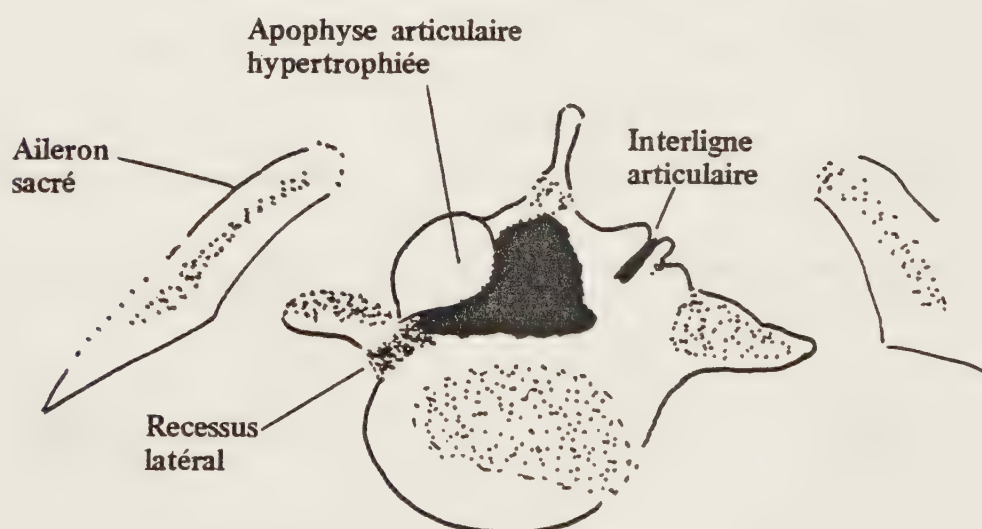


Canal de 0,8 cm de diamètre sagittal

CANAL LOMBAIRE ETROIT

Intérêt de l'agrandissement,
en particulier pour l'étude morphologique.

DEFORMATION DU CANAL



TOMOGRAPHIE de PROFIL :

aspect festonné des corps vertébraux
(scalloping lombaire)

intégrité des plateaux

densité dans les zones d'hyperpression

TOMOGRAPHIE de FACE :

NEURINOME

T D M :

Extension de la tumeur,
surtout extrarachidien avec refoulement
du psoas dont elle
est séparé



Retentissement de ces anomalies
sur le canal

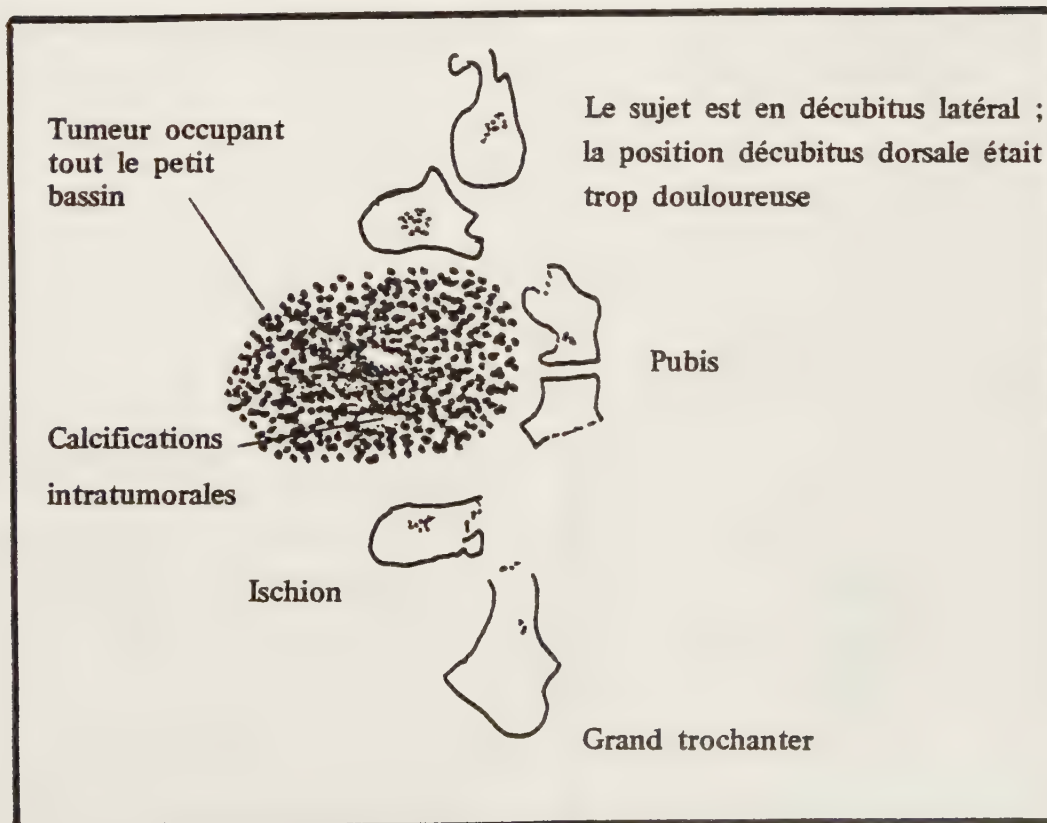


EPENDYMOME INTRA SACRE

développé à partir de restes ectopiques intra-sacrés, indépendants de la queue de cheval.

Lyse des 2/3 inférieurs du sacrum.

TDM : étude de l'extension intrapelvienne.



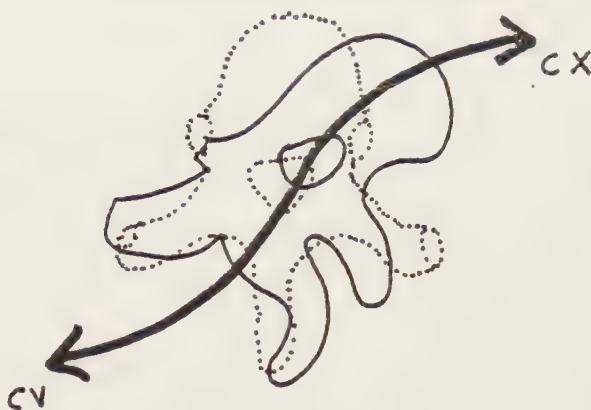
THORAX OBLIQUE OVALAIRE

de la SCOLIOSE

- le corps vertébral tourne vers la convexité CX
- l'arc postérieur tourne vers la concavité CV



ORGANISATION de la VERTEBRE SCOLIOTIQUE



G R E F F E

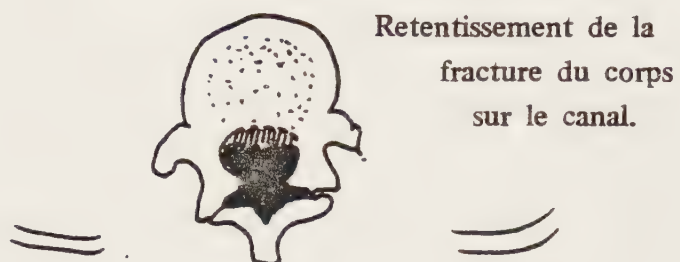
- Qualité de la greffe :
bonne prise osseuse.
- Existence d'une arthrodèse valable
des massifs articulaires.
- Position de la greffe :
rapport avec le canal
- Mesure du diamètre sagittal : 1,4 cm



- Intérêt de l'agrandissement pour l'étude
morphologique.

Pour qu'une greffe postérieure ou postéro-latérale soit valable, il faut une arthrodèse des massifs articulaires : celle-ci était difficile à voir même avec des tomographies à balayage complexe.

**TDM : RAPPORTS des FRAGMENTS OSSEUX
POST TRAUMATIQUES avec le canal**



**TOMOGRAPHIE DE
FRACTURE DE
VERTEBRE
LOMBAIRE**

III – L'ARTICULATION COXO FEMORALE.

La TDM trouve son application dans l'étude de l'articulation coxofémorale par la possibilité de connaître, dans le plan horizontal, la morphologie et les axes des différents éléments qui la composent.

- **Les explorations radiologiques conventionnelles donnaient :**

- une projection frontale de l'articulation avec :

- . l'angle HTE mesurant l'obliquité en haut et en dehors du toit du cotyle par rapport à l'horizontale.

- . l'angle VCE de WIBERG mesurant la couverture externe de la tête fémorale par le toit

- . l'angle CC'D ou cervicodiaphysaire mesurant l'inclinaison du col sur la diaphyse.

- . l'angle d'inclinaison du cotyle ainsi que sa profondeur calculés par des constructions géométriques.

- une projection sagittale par le faux profil de la hanche donnant une image valable de la partie antérieure et supérieure du toit du cotyle (angle de couverture antérieur de la tête VCA) et une bonne vue, presque sagittale, de l'interligne.

La projection horizontale, indispensable pour l'étude d'une articulation évoluant dans les 3 dimensions, n'était pas possible, et les auteurs palliaient cet inconvénient par des incidences spéciales, délicates à réaliser, dont les mesures étaient bien imprécises et nécessitaient l'emploi d'abaques. On retient les travaux de DUNLAP et MAGILLIGAN pour l'étude de la torsion fémorale, et ceux de DECHAMBRE et TEINTURIER pour l'antéversion du cotyle.

- **Les aspects techniques** de l'examen de la hanche par la TDM seront vus dans le chapitre suivant, car ils sont communs à ceux de l'exploration des axes des membres.

En effet, les données concernant l'articulation coxofémorale ne restent pas isolées : elles sont intégrées à l'étude des torsions des segments osseux sous-jacents.

- **Morphologie de la hanche en TDM :**

- . la tête fémorale est arrondie, bien centrée dans le cotyle, facile à voir si elle est calcifiée, mais non dissociable " in vivo" des tissus mous articulaires et péri articulaires lorsqu'elle est cartilagineuse.

- . On repère parfaitement bien le fond du cotyle, ses lèvres antérieures et postérieures, le cartilage en Y chez l'enfant.

- . la coupe tangente au pôle supérieur de la tête donne une image du cotyle en virgule,

. le toit du cotyle est rectangulaire, à bord antérieur parallèle au plan coronal dont la partie externe (zone de couverture de la tête) doit être bien marquée (64).

● Coxométrie en tomодensitométrie :

Toutes les données de la coxométrie étaient bien sûr connues. Par la qualité des images de la TDM, leurs mesures qui étaient floues et difficiles, arrivent à être précises et rapidement évaluées.

1) *L'antéversion du cotyle*

L'angle d'antéversion du cotyle est le complément de l'angle que forme, dans un plan horizontal, le plan d'ouverture du cotyle avec le grand axe horizontal du bassin.

a) *Le grand axe horizontal* du bassin se trace de plusieurs façons :

– droite joignant les bords postérieurs des cotyles (bord postéro externe des berges cotyloïdiennes) : mais ces bords ne sont pas toujours bien dessinés sur les coupes.

– droite joignant les images des cartilages en Y chez l'enfant, bien visibles sur les clichés.

– droite joignant le bord postérieur des ischions, toujours bien visibles, donnent des repères fiables.

Ces trois axes sont parallèles, et on choisira les repères les mieux définis sur les clichés.

b) *Le plan d'ouverture du cotyle* joint les lèvres antéro et postéro externes de l'image du cotyle. Là encore, on utilisera les clichés donnant les contours les plus précis.

Les mesures cliniques de l'antéversion du cotyle (AVC) sur les clichés conventionnels donne AVC : 20°.

Notre étude porte sur une trentaine de malades, et chez des enfants de 6 à 12 ans, examinés au scanner pour des torsions tibiales externes, mais sans dysplasie, ou luxation de hanches, et nous retrouvons une valeur moyenne de 15°.

2) *L'antéversion du col ou la torsion fémorale*

Cet angle (AVF) est formé par :

. la droite joignant le centre géométrique de la tête fémorale, et le centre géométrique de l'image du grand trochanter.

. l'axe bicondylien, tangents aux bords postérieurs des condyles fémoraux.

La torsion fémorale subit des modifications au cours de la croissance.

L'antéverson du col est statistiquement de 40° à 2 ans, de 20° à 10 ans. se réduit encore de $10 - 15^\circ$ à 15 ans, puis à $8 - 12^\circ$ chez l'adulte (20).

Les antétorsions excessives se corrigent spontanément pour la plupart, soit complètement, soit avec un angle résiduel un peu élevé ($25 - 30^\circ$).

On peut avoir des antéversons exagérées de plus de 40° , avec persistance des troubles fonctionnels et statiques au niveau du bassin, du genou, du squelette jambier et du pied. Quelle que soit la valeur de l'antétorsion, il faut savoir attendre l'évolution spontanée qui se fait dans la majorité des cas avant 9 ans. Il existe des torsions résiduelles élevées dont le rôle arthrogène au niveau de la hanche n'est pas formellement prouvé (6).

Chez l'adulte, l'antéverson normale est inférieure ou égale à 15° , elle devient pathologique au dessus de 20° , et à corriger au dessus de $30 - 35^\circ$.

3) *L'angle d'attaque radiologique*

Il est formé par l'axe du col fémoral, et le plan d'ouverture du cotyle, déjà étudiés. L'angle d'attaque radiologique est le complément de l'angle d'antéverson globale de la hanche.

4) *La couverture horizontale de la tête du fémur par le cotyle* définie par l'angle formé de deux demies droites issues du centre de la tête et passant par les bords antérieurs et postérieurs du cotyle.

La valeur de cet angle est de $130 - 160^\circ$. Si elle est nettement inférieure, on a affaire à une dysplasie horizontale ; si elle est très supérieure, c'est une "coxe profunda".

5) *L'angle d'appui antérieur* est formé par l'axe du col et la droite reliant le centre de la tête au bord antérieur du cotyle.

6) *L'indice d'englobement* est le rapport entre la portion de la tête engagée dans le cotyle et le rayon de celle-ci.

7) *L'index d'instabilité* découle des mesures 1 et 2 et doit être inférieur ou égal à 60° . Index d'instabilité : $AVF + AVC \leq 60^\circ$

• Les principales applications de la TDM dans l'exploration de la hanche :

1) *La dysplasie*

Nous avons pratiqué 12 examens pour dysplasie du cotyle : 9 avaient une dysplasie pure débouchant sur une intervention chirurgicale, les 3 autres posaient des problèmes particuliers : 2 subluxations, 1 luxation vraie. La hanche dysplasique est une hanche insuffisante dans ses caractères morphologiques : qu'il s'agisse d'une dysplasie fémorale pure, ou cotyloïdienne pure, ou d'une dysplasie mixte.

Les dysplasies peuvent être primitives ou résiduelles d'un traitement pour une luxation congénitale.

La hanche obéit à certaines règles de croissance (pics de développement) et il existe des inconnues sur son développement. Le problème est l'évolution de ces hanches dysplasiques qui font à long terme le lit de l'arthrose de l'adulte.

En fait, toute hanche dysplasique n'impose pas une intervention. Le but de la chirurgie est d'obtenir une hanche proche de la normale pour prévenir une arthrose future.

C'est une chirurgie préventive, pour laquelle il faut un bilan précis, afin d'être sûr que cette hanche est dysplasique, et dans quelle proportion.

L'appréciation est donc minutieuse :

- la dysplasie fémorale correspond à une antéversion exagérée du col.
- la dysplasie cotyloïdienne est un cotyle insuffisamment formé.

On s'aperçoit que la composante cotyloïdienne est très importante, ce qui débouche sur un "revirement" de la tendance thérapeutique, les indications de geste pelvien devenant plus larges.

La dysplasie fémorale, et surtout la dysplasie cotyloïdienne échappent aux moyens classiques d'investigation. Dans la composante horizontale où aucune des techniques n'est satisfaisante, manquant de précision dans les mesures ou ignorant les aspects morphologiques.

La TDM cerne très bien l'antéversion cotyloïdienne dans un bilan préopératoire débouchant éventuellement sur une ostéotomie de SALTER (effet de réorientation du cotyle, qui, en fin de réalisation, aboutit à une bascule du cotyle en bas, en avant, en dehors).

L'apport de la TDM est double :

- a) déceler les cotyles dysplasiques, déterminer les valeurs "seuil" à partir de sujets témoins pour savoir à partir de quand une dysplasie est à surveiller.
- b) vérifier l'efficacité de l'intervention par un examen pré puis post-opératoire.

A noter que dans les mesures, la hanche controlatérale ne sert pas de référence, car elle est également dysplasique la plupart du temps.

2) La luxation congénitale de la hanche :

L'antéversion exagérée des cols fémoraux accompagne la maladie luxante de la hanche, dans différentes variétés, y compris la dysplasie simple.

Les critères de normalité sont radiographiques. Le développement se jugeant sur un bassin de face est insuffisant : il faut d'autres incidences permettant de juger de l'antétorsion, l'inclinaison, la couverture antérieure de la tête fémorale.

Comme les constituants sont cartilagineux, l'arthrographie pourrait donner un aperçu réel, mais ce n'est pas un examen de routine ; certains auteurs étudient pourtant le moyen de la coupler à la TDM.

a) Topographie cervicocéphalique :

La TDM permet l'étude de la tête fémorale (hypoplasique) excentrée (en tenant compte de la couche cartilagineuse),

- sa position dans le sens antéro-postérieure,
- la façon de s'articuler de cette tête hypoplasique avec un mur acétabulaire déficient
- l'antéversion du col

Les luxations sont vues sans équivoque.

b) La morphologie du cotyle

- le fond est épaissi, irrégulier, les lèvres antérieures et postérieures émoussées,
- il existe une antéversion acétabulaire
- on note une amputation de la partie antéro-externe ou de la partie postéro-externe du cotyle (64).
- on juge de l'antéversion et de la congruence du cotyle.

Au risque de se répéter, l'étude de la 3e dimension dans l'articulation coxofémorale est essentielle.

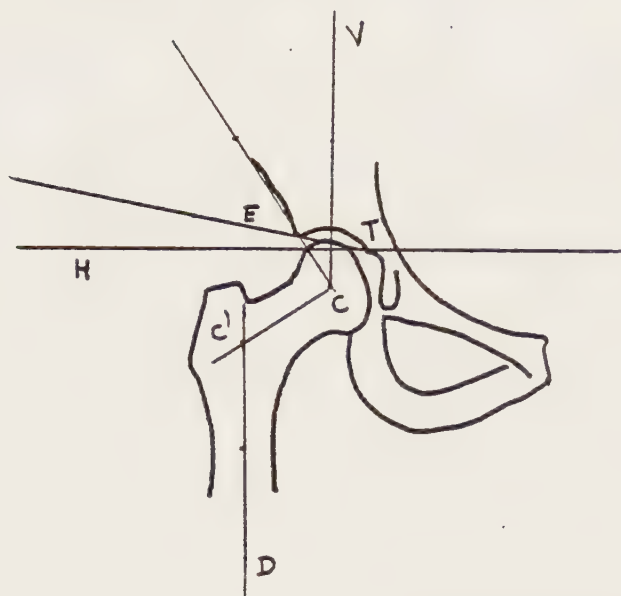
Les observations en sont l'illustration

- . dans les dysplasies cotyloïdiennes
- . dans les luxations congénitales
- . permettant un bilan préopératoire précis, et un contrôle de l'efficacité du geste thérapeutique.

Dans les diagnostics incertains ou difficiles, la TDM peut compléter ou redresser un diagnostic.



MESURES DES ANGLES de la HANCHE chez L'ADULTE



VCE : angle de WIBERG mesure la couverture externe de la tête fémorale par le toit ; normalement supérieur ou égal à 25°

HTE : mesure l'obliquité en haut et en dehors du toit du cotyle par rapport à l'horizontale ; normalement inférieur ou égal à 10°

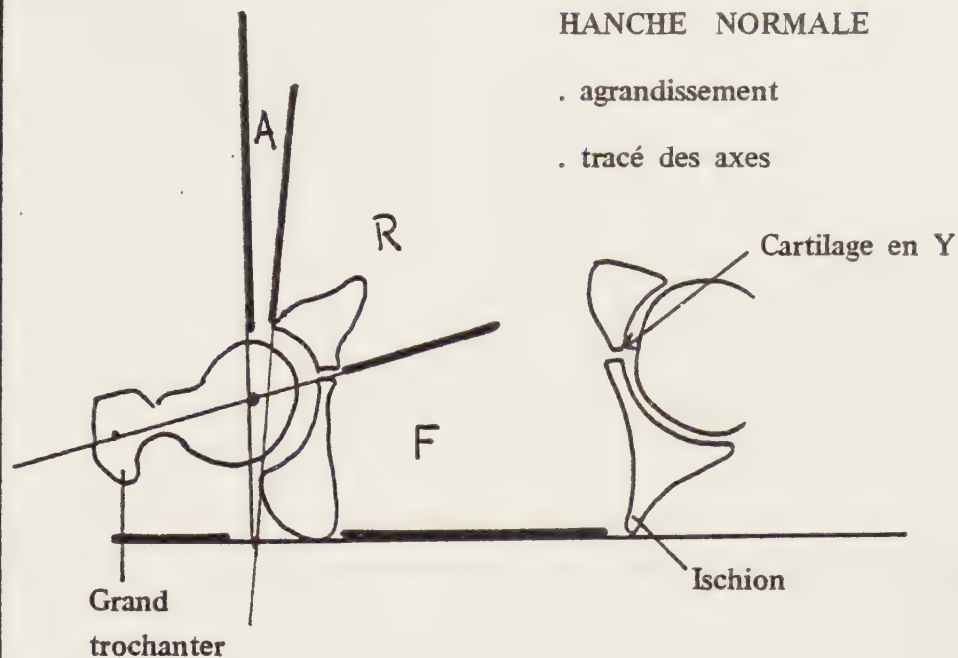
CC'D : angle cervico diaphysaire mesure l'inclinaison du col sur la diaphyse ; normal jusqu'à 137°

VCA : mesure la couverture antérieure de la tête fémorale
(A : extrémité antérieure du condensé du toit).

HANCHE NORMALE

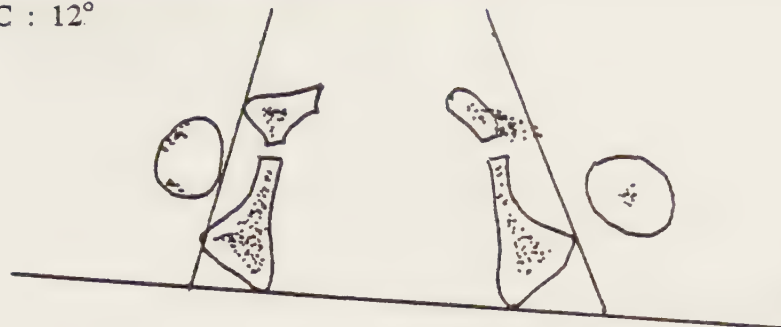
. agrandissement

. tracé des axes



HANCHE NORMALE

- L'ANGLE A : Antéversion du cotyle.
- L'ANGLE F : Antéversion fémorale
- L'ANGLE R : Angle d'attaque radiologique.
- L'axe du col joint les centres géométriques du grand trochanter et de la tête fémorale.
- L'axe du cotyle joint les lèvres antérieures et postérieures du cotyle.
- L'axe du bassin joint les bords postérieurs des ischions, ou encore les cartilages en Y.
- On remarque ici que pour obtenir ces repères de façon précise, on a besoin de 4 coupes de la hanche.



AVC : 25°

Les mesures d'angles doivent en fait s'effectuer sur plusieurs clichés.

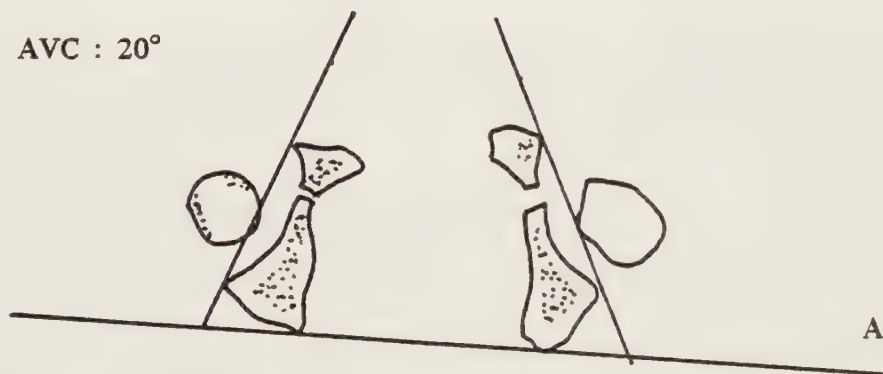
DYSPLASIE : bilan PRE OPERATOIRE

RADIOGRAPHIE SIMPLE après

"INTERVENTION de SALTER" :

Ostéotomie aboutissant à une bascule du cotyle en bas, en avant, en dehors.

AVC : 20°



AVC : 25°

DYSPLASIE : bilan POST OPERATOIRE.

IV – LES AXES DES MEMBRES INFÉRIEURS.

La conformation des membres inférieurs s'intègre dans la morphologie globale du squelette : la détermination exacte de ce morphotype implique la connaissance des rotations des différents segments de membre dans les plans frontal et sagittal, et aussi dans le plan horizontal.

Ces rapports permettent aux différentes articulations de fonctionner dans des conditions optimales, pour répartir les forces d'appui au sol et assurer l'équilibre.

Les plans sagittaux et frontaux sont étudiés par les radiographies simples.

Le plan horizontal n'était qu'approché par des mesures dites directes ou indirectes par des incidences multiples, des tomographies mais l'exploration restait assez imprécise, beaucoup préférant en référer à l'examen clinique seul en particulier pour la torsion tibiale.

Le plan horizontal fut mieux défini par la tomographie axiale transverse, cette dernière gardant une imprécision certaine, ne permettant pas une étude morphologique bien définie, nécessitant un matériel coûteux, avec une irradiation très importante. De plus, l'horizontale de référence par le choix de la position "rotule au zénith" comporte une erreur au départ (54).

La TDM corrige ces imprécisions donnant des repères précis et reproductibles pour les calculs, ne nécessitant pas d'installation stricte sauf dans certains cas particuliers.

A) L'EXAMEN A LA TDM

1) Installation du malade :

Le sujet est en décubitus dorsal stricte, les talons joints, le membre inférieur en extension et en rotation indifférente, ou encore les gros orteils attachés entre eux.

Une installation même approximative ne fausse pas le résultat : l'essentiel est que le sujet ne bouge pas d'un bout à l'autre de l'examen pour que la comparaison des coupes ait une signification.

2) Repère du niveau des coupes.

Les repères cliniques sont suffisants pour repérer les plans de coupes suivant :

. repère du grand trochanter et du bord supérieur du pubis : coupe de la tête fémorale et du cotyle.

Le fait de couper à des étages différents donne un angle analogue d'antéversion du cotyle

. repère du 1/3 moyen - 1/3 inférieur de la rotule : plan condylien.

. repère de la tubérosité tibiale :

- .. au dessus : plan des plateaux tibiaux
- .. au dessous : plan de la diaphyse tibio-péronière.

Nous préférons ce repère à celui de l'interligne articulaire plus difficile à déterminer.

. le repère de la pointe de la malléole interne donne 2 cm au dessus le plan de la mortaise tibio-péronière :

un écueil est à connaître : des coupes horizontales passant par la malléole péronière peuvent intéresser le corps de l'astragale que l'on peut confondre avec le pilon tibial ; le pilon tibial est ovale, l'image de l'astragale est quadrangulaire.

3) Nombre des coupes.

Il ne faut pas forcément être économe mais avoir le nombre de documents suffisants pour éviter un examen inutilisable. Une région examinée compte 3 - 5 rads - peau en fin d'examen.

Nous avons dans nos observations, du fait des tâtonnements des premiers examens, des clichés d'interprétation difficile par le nombre de coupes insuffisant.

Il faut plusieurs coupes par niveau d'intérêt de façon à avoir :

- les bords antérieurs et postérieurs des cotyles, les ischions,
- les têtes fémorales
- les grands trochanters
- les condyles
- les plateaux tibiaux et la tubérosité tibiale antérieure,
- les diaphyses tibiales sous métaphysaires
- les pilons tibiaux.

Pour l'étude de la jambe, les 3 derniers niveaux sont indispensables : généralement l'axe de la diaphyse supérieure est parallèle à l'axe du pilon tibial ; l'étude d'un des deux de ces niveaux pourrait paraître suffisante. En fait, il existe parfois des doubles torsions sur le même segment de membre, et toutes les coupes sont nécessaires à un examen complet.

4) Critères d'une bonne coupe :

Les contours osseux doivent être nettement visibles, et permettre l'établissement des différents repères sans ambiguïté.

La symétrie des images est préférable et ceci à chaque niveau de coupe pour éviter de les multiplier : c'est dire encore l'importance d'une installation minutieuse.

Le bon niveau de la coupe est jugé sur la présence des points de repères nécessaires aux tracés des axes.

5) *Tracé des axes.*

- . Le plan d'ouverture du cotyle, l'axe du col fémoral ont été définis ainsi que
- . le plan condylien dans l'étude de l'articulation coxofémorale.
- . le plan des plateaux tibiaux est défini par la tangente au bord postérieur des plateaux tibiaux : c'est l'axe métaphysaire.
- . l'axe diaphysaire tibio-péronier est la droite joignant le centre du péroné au centre géométrique du tibia.
- . l'axe du pilon tibial joint les malléoles internes et externes.

6) *Les mesures*

Elles sont précises si les points de repères sont bien définis.

En TDM les mesures sont faites à l'aide d'un goniomètre, soit sur les différentes coupes intéressantes, soit sur une superposition de celles-ci obtenues par un procédé photographique.

En retraçant les axes et en reprenant les mesures à plusieurs opérateurs sur des clichés de TDM, les variations n'excédaient pas 2° (l'examen clinique arrive à des variations de 5 à 10° , sur des repères déjà mobiles).

7) *Problèmes techniques particuliers :*

- . La présence de matériel métallique, comme dans tout examen TDM, provoque des artéfacts qui gênent fortement l'interprétation.
- . l'examen du col fémoral est difficile s'il existe une coxa valga importante ; de plus, la hanche en abduction, on perd le plan bicondylien.
- . le bilan n'est pas réalisé en charge.
- . une différence de longueur des membres inférieurs oblige à doubler le nombre des coupes.

B) *LES RESULTATS.*

L'antéversion du cotyle, la torsion fémorale font partie du morphotype du membre inférieur, mais ont été étudiées dans "l'articulation coxo fémorale".

1) *Le genou :*

Il n'existe pas de méthode clinique ou radiologique pour évaluer la torsion du genou.

— en extension, la rotation disparaît, le genou “verrouillant” l'articulation : l'axe bicondylien étant supposé parallèle à l'axe des plateaux tibiaux, la torsion axiale devient nulle.

En fait, la TDM permet de mesurer une torsion axiale qui existe. Elle est d'environ 5°.

— le genou subit les anomalies d'axe et il faut insister sur la notion de morphotype du membre inférieur :

. on ne saurait envisager la fonction du genou sans tenir compte des torsions de segment adjacents, ainsi que des axes des articulations sus et sous-jacentes.

. certains auteurs insistent sur le rôle du “genou” dans la torsion globale du membre inférieur :

.. tant par un **facteur ligamentaire** dans ce pivot central, que par le **positionnement de la tubérosité antérieure** par rapport à la gorge de la trochlée. Ce positionnement peut être étudié lorsque le dysfonctionnement de l'appareil extenseur du genou ne peut s'expliquer ni par une dysplasie fémoro patellaire, ni par une subluxation, ni par une hyperpression externe ou interne des interlignes fémoro patellaires.

— la TDM permet d'analyser le bilan précisant si la torsion est segmentaire, et quel est son retentissement sur le morphotype du membre inférieur.

— les anomalies d'axe jouent un rôle important dans l'apparition des phénomènes de dégénérescence (chondromalacie rotulienne, arthrose fémoropatellaire, méniscope, arthrose fémoro tibiale) (50).

2) *La torsion tibiale.*

— la torsion tibiale se fait sur son axe longitudinal, si bien que les plans transversaux des épiphyses supérieure et inférieure forment entre eux un angle dièdre à sinus interne.

— le péroné suit le tibia dans ses mouvements de torsion. et sa mesure est de peu d'intérêt. On assimile donc la torsion du squelette jambier à la torsion du tibia.

— **la torsion du tibia a deux origines :**

. un caractère héréditaire vraisemblable.

. un caractère acquis : position des nouveau-nés, des enfants, rachitisme, affection métabolique, atteinte paralytique comme dans la polyomyélite ou certaines lésions du rachis (10).

– **la torsion interne**, toujours anormale, quelquefois bénigne, associée à un genu varum. Elle corrigera habituellement spontanément à 7 ans.

Parfois la difformité se maintient sans que la fonction soit nécessairement perturbée.

– **la torsion externe** commune pose rarement un problème. Ces limites sont imprécises. 80 % des sujets ont une torsion comprise entre 10 et 30°. Elle semble physiologique, tout au moins compatible avec une fonction normale jusqu'à 30 - 40°.

Partant de 0° à la naissance, elle est de 5° à 5 ans, de 20° à l'âge adulte.

La torsion est supérieure à droite de 1 à 10°. Certains auteurs donnent une fourchette de 9 à 40° : elle devrait se réduire par la précision des mesures TDM.

Les mesures étaient cliniques car les mesures radiologiques indirectes, déduites, multipliaient les causes d'erreur, bien que l'évaluation clinique soit entachée d'imprécision, surtout dans le jeune âge où la mesure est difficile du fait de l'exigüité du segment de membre, de la mobilité de la peau, de la vivacité de l'enfant.

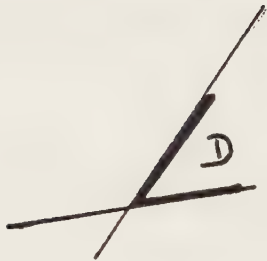
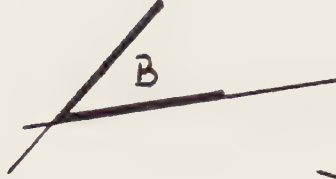
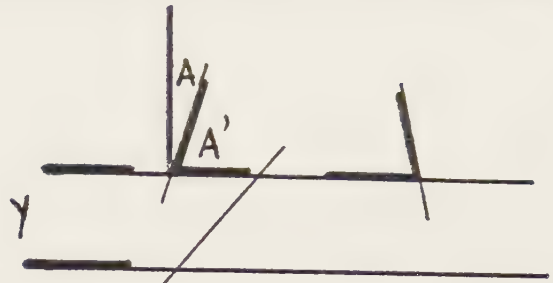
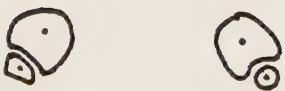
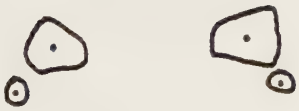
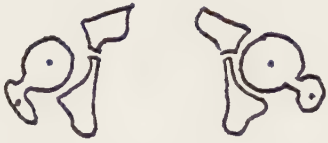
La TDM apprécie directement la valeur et aussi la situation de ces torsions le long de l'axe osseux : à titre préopératoire, il est important de savoir en effet si la torsion est métaphysaire ou diaphysaire ; on calcule l'angle formé par le plan des plateaux tibiaux et l'axe jambier.

3) Conclusions sur les axes des membres.

Les vices de torsion doivent être étudiés sur l'ensemble des segments du membre inférieur. La TDM permet un bilan précis, fiable, simple, peu contraignant.

Ces qualités sont importantes lorsqu'il s'agit de poser des indications thérapeutiques complexes, débouchant parfois sur une intervention avec une longue période d'adaptation : l'indication doit être bien posée, la TDM en devient un des éléments déterminant.





AXES des MEMBRES INFÉRIEURS

*

- Pour l'étude d'un morphotype de membres inférieurs, il y a ici 16 coupes alors qu'il n'y a pas d'inégalité de longueur entre la droite et la gauche.
- On a retracé les axes en choisissant les coupes nous donnant les meilleurs repères.
- L'antéversion cotyloïdienne est le complément de l'angle A' (formé par l'axe des cotyles et l'axe frontal du bassin).
- Les lignes des ischions et des cartilages en Y sont parallèles.
- L'angle B est l'angle d'entéversion du col fémoral ou de torsion du fémur.
- L'angle C est l'angle de torsion du genou (angle formé par les axes bicondyliens et métaphysaires tibiaux).
- L'angle D est l'angle de torsion tibiale (angle formé par les axes métaphysaires et diaphysaires tibiaux).
- Les axes diaphysaires tibiaux et des pilons tibiaux sont parallèles (E) : cependant on prendra les mesures à chaque examen aux deux différents niveaux pour déceler une double torsion sur le tibia.

V – L'ARTICULATION FEMORO PATELLAIRE.

Nous avons vu que la TDM permettait un calcul de la torsion du genou.

Son autre apport fondamental est l'analyse de la morphologie et de la dynamique de l'articulation depuis l'extension jusqu'au début de la flexion, période d'instabilité maximum de la rotule, celle-ci s'engageant progressivement dans la trochlée fémorale et entrant en contact avec elle.

A) PROTOCOLE.

. pour permettre une étude du défilé classique, les coupes doivent être effectuées à 30° de flexion, et en extension.

. les documents utilisables sont les coupes présentant : une définition correcte de la crête, une profondeur maximale de la trochlée, et un plan bicondylien montrant une échancrure intercondylienne bien définie.

B) LES MESURES.

– l'angle condylotrochléen formé par la réunion de la tangente condylienne et de la tangente trochléenne correspond à l'angle d'intersection des perpendiculaires à ces deux tangentes.

Cette mesure permet de vérifier si la coupe en extension passe par un plan fémoral comparable à celui de la flexion.

– l'angle trochléo-rotulien est formé par la réunion de la tangente trochléenne et de l'axe équatorial de la rotule.

Cet angle définit et évalue le mouvement de bascule de la rotule.

– l'indice de position rotulienne est formé par la distance entre les perpendiculaires abaissées de la crête rotulienne, et du fond de la gorge trochléenne sur la tangente condylienne.

Il montre la position latérale ou médiane de la rotule.

C) LA DYNAMIQUE ROTULIENNE NORMALE :

– en extension du genou, la rotule est toujours subluxée et présente une bascule externe.

– en flexion, il existe un recentrage progressif de la rotule dans la gorge trochléenne et une bascule interne.

— de l'extension à la flexion, la rotule glisse de la dépression sus trochléenne externe vers le fond de la trochlée, qu'elle percute de sa crête, tout en basculant autour de celle-ci pour écraser sa face interne sur la joue trochléenne homologue en fin de mouvement.

— la contraction du quadriceps montre une latéralisation et une bascule externe par rapport aux coupes en relâchement (19).

D) LA DYNAMIQUE ROTULIENNE PATHOLOGIQUE.

1) La dynamique "médialisation - bascule" conduit sûrement à la chondromalacie, le sujet décompensant plus ou moins tôt dans son existence.

2) La "latéralisation - bascule" pathologique : la rotule reste accrochée au versant externe de la trochlée, et les microtraumatismes portent sur le versant fémoro-rotulien externe. L'évolution sera une chondrolyse progressive de la face externe de la rotule avec arthrose.

. Il faut dans ce cas rechercher les éléments qui peuvent provoquer cette subluxation bascule résiduelle :

- . déviation axiale des membres inférieurs
- . troubles de torsion et rotation tibiales
- . hypoplasie du versant trochléen externe
- . rétractions des formations capsulo-ligamentaires externes.

3) La "médialisation" excessive voit la crête de la rotule décentrée en dedans par rapport au fond de la gorge trochléenne, et la face interne de la rotule est alors intéressée.

. On recherche :

- .. une hypoplasie du versant interne de la trochlée
- .. des troubles de torsion et rotation tibiale
- .. une rétraction des formations ligamentaires internes
- .. une intervention antérieure de transposition interne.

4) Une dynamique réduite doit faire rechercher :

- .. une trochlée profonde (hyperplasie du versant interne)
- .. une "patella baja" (supprimant l'instabilité en extension)
- .. une rétraction ou épaissement de l'ensemble capsulo-ligamentaire
- .. une atteinte cartilagineuse dégénérative (19).

E) ETUDE MORPHOLOGIQUE INTRA-ARTICULAIRE.

La TDM apporte donc ces informations essentielles sur la dynamique de la rotule. dans les premiers trente degrés de flexion.

Nous n'avons pas assez de recul pour donner des normes de valeur.

L'image dans la troisième dimension montre une densification sur le bord de la rotule intéressé par les lésions précoces, habituellement berge interne de la rotule, traduisant les microtraumatismes répétés.

L'intérêt est également de voir les structures internes de l'articulation : ligaments croisés, ménisques, cartilages articulaires (3).

— **les ligaments croisés** : leur délimitation est claire et utilisable cliniquement. La coupe standard trans axiale du genou passe de manière oblique à travers le grand axe des ligaments.

Lorsque le genou est fléchi, les ligaments croisés sont tendus. Le genou légèrement fléchi, ils apparaissent plus minces et plus longs que lorsque celui-ci est étendu.

— **les ménisques** : l'arthrographie donne des images suffisamment fines pour qu'il n'y ait pas lieu de recourir à la TDM, impropre d'ailleurs à leur mise en évidence.

La recherche des éléments intra-articulaires est améliorée par l'introduction de gaz dans l'articulation. Aussi, la TDM peut être pratiquée jusqu'à quelques heures après une arthrographie.

De plus, les coupes fines (3 mm) amélioreraient les possibilités de reconstruction frontales et sagittales.

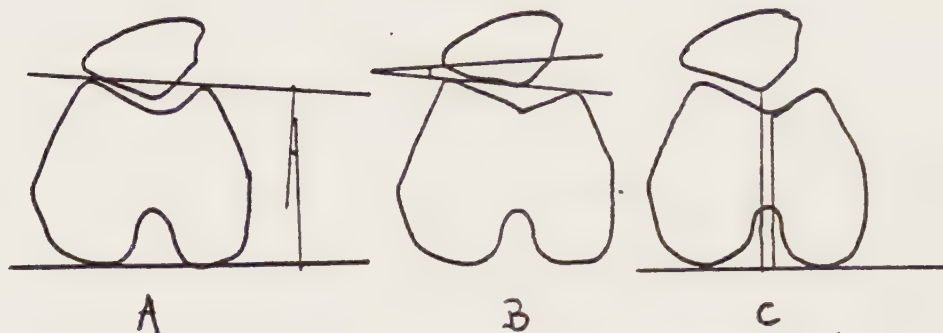
Enfin, on peut avoir différentes incidences en introduisant le genou fléchi dans le tunnel du scanner de façon à avoir une coupe frontale : nous n'en avons pas l'expérience ; il faut de plus un tunnel assez grand.

F) EN SOMME, la TDM permet une étude dynamique et morphologique du genou, analysant le profil de la trochlée, l'échancrure condylienne... l'aspect et la position de la rotule dans les premiers degrés de flexion. Nous avons vu d'autre part dans la recherche des causes d'anomalie dynamique, l'importance d'une analyse des axes des membres : ceci pour souligner que le membre inférieur s'étudie dans son ensemble, du cotyle au pilon tibial, en passant par le genou, pivot central, entrant dans l'étude du morphotype du membre inférieur.

Nous n'avons pas parlé de l'articulation tibio-astragaliennne, ni des articulations des os du tarse : nous n'en avons pas l'expérience, et nous n'avons rien noté dans la littérature à ce sujet.



MENSURATIONS A EFFECTUER DANS L'ETUDE DE L'ARTICULATION FEMORO-PATELLAIRE



- A : ANGLE condylo trochléen
B : ANGLE trochléo rotulien
C : Indice de position rotulienne.

DYNAMIQUE NORMALE DE LA ROTULE DE L'EXTENSION A LA FLEXION

- M : "Médialisation" de la rotule
B : Bascule interne de la rotule.

La zone cerclée est la zone critique.

La contraction du quadriceps montre une accentuation
de la latéralisation - bascule.



ARTICULATION FEMORO-PATELLAIRE

– Quadriceps contracté :

- . rapports normaux du côté droit.
- . nette bascule de la rotule du côté gauche.

ARTICULATION FEMORO PATELLAIRE



- Quadriceps non contracté.
- Relief estompé de la trochlée
- Bascule bilatérale, prédominant à gauche.

VI – LES TUMEURS OSSEUSES DE L'APPAREIL LOCOMOTEUR.

Dans le diagnostic de la tumeur osseuse proprement dite, la TDM n'apporte pas d'éléments supérieurs à ceux que fournissent la radiologie conventionnelle simple et surtout la scintigraphie : on connaît la valeur de cette méthode dans la détection des tumeurs au début, et dans le dépistage des métastases.

La TDM joue un rôle important par contre dans l'étude de l'extension des tumeurs aux parties molles.

A) PROTOCOLE D'EXAMEN.

- . les coupes sont pratiquées perpendiculairement à l'axe du segment du corps intéressé.
- . le sujet en décubitus dorsal, avec une sédation éventuelle, pour obtenir l'immobilité totale.
- . le repérage des coupes se fait par radiographie conventionnelle, ou des marquages sur la peau.
- . le nombre de coupes dépend de l'étendue de la lésion : en général, on doit "sortir" de la tumeur et posséder une coupe en dessus, une en dessous.
- . l'examen comprend le segment de membre homologue controlatéral, permettant un examen comparatif, notion essentielle dans l'analyse d'une lésion, déterminant la normalité.
- . l'injection de contraste I.V. n'est pas obligatoire, mais donne une meilleure image des vaisseaux, permet de reconnaître une lésion hypervasculaire, et surtout fait ressortir une lésion isodense avant injection. Pour cette dernière raison, l'injection est quasi systématique.

Cette injection se fera en perfusion plutôt qu'en "bolus" selon les règles générales de l'utilisation des produits de contraste en TDM.

B) ETUDE DE LA TUMEUR OSSEUSE

- . la présence de la lésion osseuse est aussi bien reconnue par la TDM que par la radiographie conventionnelle
- . la raréfaction corticale, les signes fins de réaction périostée, sont mieux étudiés par les clichés simples (à condition qu'ils soient de bonne qualité).
- . la nature corticale para ostéale, péri-ostale, des ostéosarcomes est bien définie par les deux moyens.

Cas des os longs :

- l'extension intramédullaire des tumeurs des os longs est très bien définie par la TDM, et très mal étudiée par les clichés simples.
- la médullaire diaphysaire est habituellement de densité négative du fait de sa composante graisseuse.
- les changements de densité de la médullaire des os évoquent un envahissement osseux et permet l'évaluation précise de l'extension d'une lésion destructrice et pénétrante.

Cas du rachis

- on retrouve la destruction des parois osseuses.
- les atteintes des corps vertébraux et des pédicules sont visibles sur les radiographies simples ; celles de parties postérieures de vertèbres sont plus difficile à voir : la TDM les montre clairement.
- les lésions lytiques ne devront pas être confondues avec des structures normales telles que des vaisseaux ou des disques, de même que certains ilots de condensation normaux ne doivent pas être pris pour des métastases.
- les rapports de la tumeur osseuse du rachis avec la moelle seront précisés par la TDM couplée à la myélographie à la metrizamide (MMTDM) ; nous en avons détaillé le protocole auparavant.

Cas du bassin et du sacrum :

pour le diagnostic de la tumeur osseuse, la radiographie simple est suffisante. L'intérêt de la TDM est dans l'extension de la tumeur au petit bassin, l'envahissement des parties molles, des masses musculaires dessinées faisceau par faisceau, et des éléments vasculo nerveux importants, ou du retentissement sur les uretères et la vessie (77).

On voit donc que dans ces tumeurs osseuses, la TDM est surtout intéressante dans le bilan d'extension aux éléments de voisinage.

C) ETUDE DE L'ORIENTATION THERAPEUTIQUE.

Par ses données, la TDM permet de modifier l'indication thérapeutique : en effet, la chimiothérapie a beaucoup changé le traitement des tumeurs primitives malignes, en particulier chez le jeune, où l'amputation était souvent pratiquée. De nombreuses drogues apportent des résultats remarquables. Par ailleurs, le calcul de la dose de radiothérapie par la détermination précise du volume cible est mieux adaptée, car on peut désormais avoir les courbes isodoses.

Par la TDM, on connaît mieux les limites de la tumeur et ainsi on conserve le mieux possible la fonction du membre. La localisation précise permet des ponctions biopsies bien orientées, évitant un abord chirurgical d'exploration (31).

Enfin, on évaluera grâce à la TDM l'efficacité d'une chimiothérapie ou d'une radiothérapie, et on dépistera la survenue d'une récurrence.

D) LA DIFFERENCIATION ENTRE TUMEUR BENIGNE ET TUMEUR MALIGNE.

Le diagnostic n'est malheureusement pas fait avec certitude, mais la TDM apporte un faisceau de présomption (71). Il en est de même pour les métastases.

● Tumeur bénigne :

Zone de transition bien limitée, aspect encapsulé, tumeur distincte des groupes musculaires environnants, sans contenu calcique, n'augmentant pas de densité après injection de contraste sauf angiome ou kyste anévrysmal.

La réaction périostée est dense, ou bien il n'y a pas d'apposition, sachant que certaines appositions périostées échappent à la TDM (83).

● Tumeur maligne :

Les lésions sont mal limitées en zones lytiques ou condensées avec un envahissement des parties molles. Ces lésions prennent habituellement le contraste. L'envahissement médullaire proximal ou à distance est fréquent (78) (71).

Il faut émettre une prudente réserve : ces critères ne sont pas fixes, mais entrent dans un faisceau de présomptions, dont seule l'histologie donne la solution finale.

Ainsi l'exploration radiographique de tumeur squelettique a deux buts essentiels :

— la démonstration des images radiographiques, c'est à dire des signes de destruction, des modifications de l'architecture interne, qui correspondent aux images pathologiques grossières de la tumeur ; la radiographie conventionnelle peut aussi le faire.

— dans la détermination précise de l'extension intra ou extra osseuse, la TDM est essentielle, comblant les insuffisances des angiographies et xéroradiographies.



ECCHONDROME DE L'ARC POSTERIEUR DE C6

Radiographie simple de la
colonne cervicale de profil :

tumeur osseuse, de densité
inhomogène, de contours
bien limités,
intéressant l'arc postérieur
de C6



La TDM permet l'étude des rapports de cette
tumeur avec le canal cervical.

CHONDROME du SACRUM

RADIOGRAPHIE SIMPLE

du sacrum de face :

lyse des 2/3 inférieurs du sacrum.

TDM : ci-contre tumeur dense,
bien limitée, ne contenant pas de
calcification, repoussant sans envahir
les muscles du petit bassin.

Chondrome du
sacrum

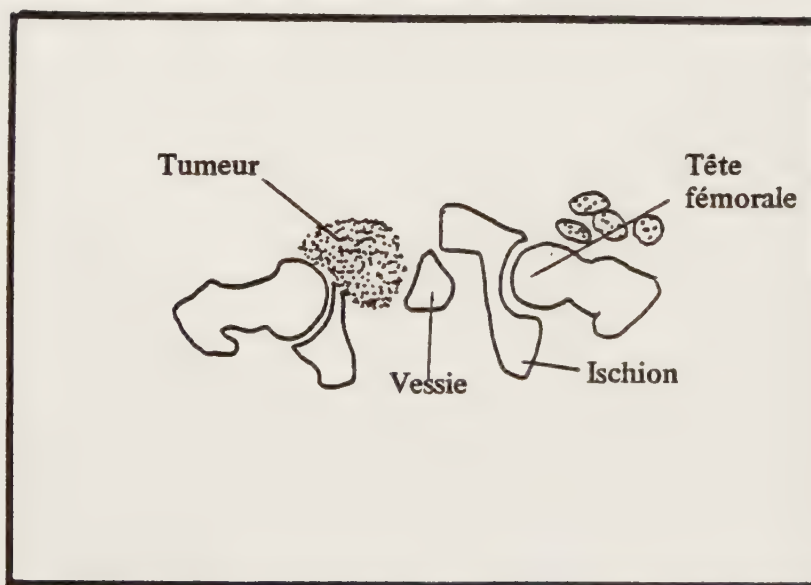


TUMEUR A MYELOPLAXE DE LA BRANCHE ILIO PUBIENNE DROITE

Radiographie du bassin de face :

lyse de la branche ilio pubienne droite,
sans calcification visibles dans les
parties molles.

La TDM ci-dessous étudie les rapports de
la tumeur avec la vessie après injection de
produit de contraste I.V.



PAGES PRECEDENTES :

- Chondrosarcome du condyle interne du fémur droit.
- Ostéosarcome du tibia.
- Ostéosarcome de l'extrémité inférieure du fémur

Suivant les "largeurs de fenetre" ou les "niveaux de fenetre" utilisés, on étudiera aussi bien l'extension intra osseuse de la tumeur que l'envahissement des parties molles.

VII – AUTRES AFFECTIONS DE L'APPAREIL LOCOMOTEUR OU LA TDM A ETE ETUDIEE.

A) LES INFECTIONS.

– le niveau des coupes est orienté par la clinique, la radiologie conventionnelle.

– dans l'ostéomyélite, l'atteinte médullaire précède toujours la réaction périostique. L'augmentation de densité de la moelle survient tôt, même si l'atteinte est limitée. Sa cause n'est pas connue (congestion vasculaire ?), les isotopes décèlent ces changements vasculaires (hyperfixation).

– les causes d'augmentation de densité intra-médullaire sont l'infection, certaines tumeurs, la consolidation des foyers de fracture, et les envahissements médullaires par neuroblastome (45).

– la TDM différencie corticale et ou atteinte périostée d'un envahissement médullaire ; elle donne une localisation précise alors que les isotopes ne montrent qu'un foyer de fixation.

La TDM permet de bien différencier une lésion osseuse d'une lésion des parties molles avoisinantes.

– par contre, la TDM ne peut évaluer une infection de l'espace médullaire s'il est trop petit (mains, pieds) ;

– elle n'apporte pas d'éléments supplémentaires dans le diagnostic parfois difficile entre tumeur osseuse et ostéomyélite.

B) L'OSTEOCHONDRITE – L'OSTEONECROSE.

Dans l'état actuel, le scanner ne renseigne pas sur le cartilage.

Si l'évaluation des densités devient plus fine, peut-être aurons-nous des résultats dans ce sens. D'autre part, du fait de l'assymétrie des coupes, le TDM donne de faux aspects de noyau excentré pouvant égarer le diagnostic.

L'arthrographie pour cela lui est supérieure. Pour le diagnostic positif de l'ostéochondrite et aussi de l'ostéochondrose, la scintigraphie est très intéressante, permettant un diagnostic positif jusqu'à un mois avant l'apparition des signes radiologiques et éliminant ainsi une synovite transitoire.

C) LES EPIPHYSIODESES.

La détermination précise de l'étendue et de la topographie de la zone fusionnée est essentielle dans la décision thérapeutique. Celle-ci consiste à couper le pont osseux pathologique pour rétablir une croissance harmonieuse.

Jusqu'alors le pourcentage de cartilage détruit n'était déterminé que de façon approximative, en confrontant deux séries de tomographies à balayage complexe, de directions orthogonales.

La TDM apporte une coupe permettant d'évaluer le pourcentage du cartilage sain par rapport à la surface totale.

Pour avoir une coupe horizontale précise, du fait de la morphologie du cartilage articulaire, en dôme, on peut avoir un moyen de repérage en traçant sous scopie, sur la peau, le dessin approximatif du cartilage, permettant d'orienter les coupes dans la direction la plus proche du dessin tracé sur la peau. Tout ceci est amélioré par des coupes fines (58).

D) LES TUMEURS DES PARTIES MOLLES.

Les limites, la densité, la composante osseuse d'une tumeur des parties molles, la vascularisation, autant pour l'hypervascularisation que pour une zone d'hypovascularisation par rapport aux muscles environnants pouvant traduire une nécrose tissulaire, sont des aspects étudiés par la TDM.

La définition d'une masse avant radiothérapie, chimiothérapie ou chirurgie est précisée comme dans les tumeurs osseuses.

On peut calculer en vue de la radiothérapie la ligne isodose par un procédé technique qui sera plus utilisé dans l'avenir.

On retrouve la notion de faisceau de présomption et les conclusions seront prudentes : il ne s'agit pas de concurrencer l'histologie ; mais par exemple, un coefficient d'absorption bas, une masse bien délimitée, distincte des groupes musculaires avoisinants, l'absence de calcification et d'augmentation de densité après injection suggère la nature bénigne, et oriente vers le lipome.

E) TRAUMATOLOGIE.

La technique d'examen est simple, mobilisant au minimum le malade, donnant des renseignements précieux.

La colonne bénéficie de la TDM dans les fractures et les luxations, nous l'avons vu.

L'intérêt de la TDM est aussi dans les traumatismes du bassin dans les disjonctions pubiennes, les fractures dislocations, permettant d'étudier le retentissement sur les articulations sacro-iliaques, donnant avec précision le sens du déplacement des fragments osseux entre eux, leur rapport avec les parties molles.

On a ainsi :

- le bilan exact d'une fracture de l'acétebulum
- avec les fragments intra et extra articulaires
- les luxations intra pelviennes de la tête fémorale
- les déformations acétabulaires après consolidation (46).

Dans les autres segments de membre, la TDM n'est d'aucun intérêt dans les bilans de fracture.

F) LE PAGET.

Les lésions de PAGET se présentent comme de grossières trabéculations , avec hypertrophie des segments atteints.

Actuellement, quand on les voit sur le scanner, elles existent sur la radio simple.

Sur les différents segments de membre, l'intérêt est purement iconographique. Ce n'est pas le cas de la colonne, où par rétrécissement du canal on observe des paraparésies pagétiques.

L'étude morphologique, couplée à l'Amipaque*, permet une approche du mécanisme physio-pathologique : en effet, une compression n'est pas toujours en cause.

Ceci pose le problème de l'indication thérapeutique entre la chirurgie décompressive ou le traitement médical.

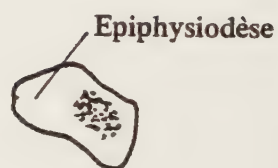


EPIPHYSIODESE

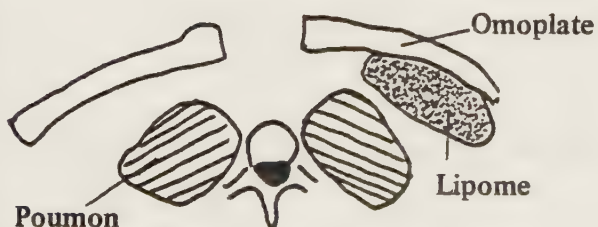
La tomographie montre une zone ossifiée
du cartilage de croissance.

Il faut de nombreuses tomographies
pour situer cette zone dans le plan
horizontal.

La coupe TDM permet
de la localiser et d'évaluer
sa surface totale du
cartilage.



LIPOME du CREUX AXILLAIRE



Faible densité (– 59) , limite nette, sans
envahissement des éléments de voisinage.

FRACTURE DISJONCTION du BASSIN

La radiographie simple de face
ne met pas en évidence l'atteinte
des sacro iliaques.

La TDM permet d'évaluer le déplacement dans le
sens antéro postérieur des pièces articulaires,



d'apprécier leurs rapports avec les éléments
du petit bassin.

P A G E T

On retrouve la trabéculation osseuse grossière de la maladie de Paget, mais le diagnostic n'est pas plus précoce qu'à la radiographie simple.

Par contre, la TDM présente un intérêt dans l'étude de son retentissement sur le canal rachidien.

RETENTISSEMENT de la Maladie de PAGET sur le CANAL

L'Amipaque n'englobe plus la moelle sur toute sa circonférence :



Déformation du canal avec compression médullaire.

Ostéophyte antérieur



Métrizamide

VIII – CONCLUSIONS.

La tomodensitométrie (TDM) trouve des applications nombreuses et nouvelles dans l'étude de l'appareil locomoteur. L'élément essentiel est la vision dans la troisième dimension donnée par les coupes selon le plan horizontal.

Le bilan radiologique conventionnel, éventuellement complété de tomographies, reste indispensable avant l'examen TDM.

Le protocole est simple en général, mais obéit à quelques impératifs :

- immobilité totale du sujet, nécessitant parfois une sédation, surtout chez les enfants ;
- installation du segment examiné le plus perpendiculairement possible au plan de coupe de l'appareil, en particulier pour la colonne ;
- examen du membre homologue pour une étude comparative ;
- repérage de niveau par des clichés simples de face sur lesquels on retrouve des repères cutanés radio-opaques.

Les champs d'application de la TDM dans l'appareil loco-moteur sont :

1) La colonne :

Une localisation préalable de la région à explorer se fait par des clichés conventionnels.

La TDM est d'un apport nouveau dans :

a) L'étude du canal, en particulier du canal étroit :

L'installation du malade est ici primordiale pour les mesures à effectuer. On étudie :

- la forme du canal :
 - . régulière, dans le cas de canaux étroits constitutionnels,
 - . irrégulière, dans les processus dégénératifs où l'on étudie particulièrement bien les recessus latéraux, les apophyses articulaires.
- les dimensions : frontales (inter-articulaires, inter-pédiculaires) et sagittales.

b) Les tumeurs :

- Dans les tumeurs osseuses, la TDM étudie l'aspect de la trame, les rapports de la tumeur avec le canal.

– Dans les tumeurs nerveuses, on évalue les limites, la taille de la tumeur, sa densité (existence de calcifications, hypodensité d'un lipome...), ses prolongements extra-rachidiens, voire l'existence d'une syringomyélie.

c) Les scolioses avec :

- l'amplitude de rotation des vertèbres les unes par rapport aux autres,
- l'aspect de la vertèbre scoliotique dans le plan horizontal,
- les déformations de la cage thoracique,
- la situation des viscères.

Ces données permettent d'orienter l'action de l'orthopédiste et de connaître les suites de son intervention.

d) Les greffes avec :

- l'étude de la qualité de la prise osseuse,
de l'efficacité de l'arthrodèse,
des rapports du greffon avec le canal qui sont des éléments nouveaux dans la surveillance du traitement.

e) Les fractures et luxations :

Mobilisant le malade le moins possible, permettant d'éviter l'aggravation des lésions préexistantes, la TDM permet une étude des fragments osseux, de leurs rapports avec le canal rachidien et la moelle, surtout dans le segment cervical.

f) Amélioration de la finesse de ces bilans grâce aux produits de contraste :

- L'injection intra-veineuse souligne l'hypervascularisation ou met en évidence une lésion isodense.
- L'injection intra-thécale de METRIZAMIDE couplée à l'examen TDM (MM TDM) permet une étude complète du contenu intra-rachidien.

Les données de la myélographie classique sont nécessaires pour poser l'indication de MM TDM et pour localiser le point à examiner. Aussi, on s'emploiera, pour le confort du malade, à pratiquer ces examens dans le même temps.

La myélographie à la METRIZAMIDE dessine l'espace sous-arachnoïdien, soulignant les contours de la moelle, donnant une image précise des rapports du contenant et du contenu rachidien, ceci dans toutes les indications de la TDM sur la colonne : canaux étroits et tumeurs, fractures parfois, voire greffes et scolioses.

Il faut noter le cas particulier des syringomyélies où, après quelques heures (6 heures environ), on différencie ce qui est grosse moelle tumorale de ce qui est grosse moelle kystique.

2) *La hanche :*

Avec l'étude de :

- La congruence des pièces articulaires :

découvrant leur morphologie dans le plan horizontal, la couverture antérieure de la tête, permettant un calcul plus précis des index de stabilité.

- Leur orientation :

grâce aux tracés des axes du cotyle, du col fémoral, permettant leur mesure d'antéversion, l'évaluation de l'angle d'attaque radiologique.

- Une réserve doit être faite dans le calcul de l'antéversion du col lorsque le sujet présente une coxavalga importante, ce qui oblige à pratiquer un plus grand nombre de coupes.

- Les applications, en plus de la coxométrie, sont principalement les luxations congénitales et les dysplasies, où l'on s'aperçoit que la composante cotyloïdienne est très importante, ce qui débouche sur une modification des tendances opératoires.

3) *Les axes des membres inférieurs :*

La TDM permet une étude précise du morphotype des membres inférieurs où la radiologie conventionnelle n'était qu'une approche.

Le sujet installé, toujours de façon plus confortable, doit rester immobile : à cette condition, il n'est pas nécessaire d'avoir un plan de référence quelconque, les torsions se calculent segment de membre par rapport à segment de membre. Ceci donnera des mesures fiables, sans introduire de cause d'erreur comme auparavant, où l'horizontale de référence (par le choix de la position "rotule au zénith") comporte une erreur au départ.

Le siège de la torsion sera localisé : par exemple, on saura si la torsion tibiale est métaphysaire ou diaphysaire.

4) *L'articulation fémoro-patellaire :*

En plus de l'élément nouveau de la torsion du genou, on étudie :

- la morphologie de la trochlée, de la rotule,
- la situation de la rotule, surtout en début de flexion, alors qu'elle est la plus instable.

5) *Les tumeurs osseuses de l'appareil locomoteur :*

On pratique des coupes avant et après injection de contraste I.V. permettant de constater :

- l'extension intra-osseuse de la tumeur, son envahissement des parties molles,

- le type de vascularisation de la lésion (hypervasculaire ou avasculaire),
- les lésions de la corticale osseuse,
- les rapports des éléments de voisinage, en particulier les gros vaisseaux, la vessie pour les tumeurs du sacrum et du bassin, la moelle pour les tumeurs de la colonne.

La TDM permet de calculer, en vue de la radiothérapie, ou même de la chimiothérapie, un volume-cible précis servant aussi de référence pour juger de l'efficacité du traitement.

6) *Les autres applications :*

a) Les infections, la nécrose : la TDM ne donne pas de renseignement plus précoce que les radios conventionnelles. On peut espérer, par des progrès techniques (durcissement du rayonnement, monochromatique, coupes plus fines) arriver à une étude de densitométrie valable dont les résultats ne sont pas encore actuellement suffisamment précis.

b) Les anomalies cartilagineuses :

on retrouve les mêmes imperfections que pour les infections et les nécroses. De plus, la forme du cartilage, en particulier celui de la tête fémorale, est un obstacle difficile à étudier malgré les coupes fines.

c) Les épiphysiodèses :

elles nécessitent un repérage spécial sous scopie pour définir l'orientation du cartilage et pratiquer les coupes TDM les plus utiles : on obtient la surface de soudure osseuse de façon plus précise qu'en tomographie conventionnelle.

d) Les tumeurs des parties molles :

les apports diagnostiques sont semblables à ceux des tumeurs osseuses : morphologie, limites, densité, rapports, étudiés avant et après injection de contraste IV.

e) En traumatologie, on évalue l'importance et le type du déplacement dans les fractures complexes du bassin et les disjonctions sacro-iliaques.

Il est probable de voir d'autres indications se développer, et en particulier pour les études de densité, déterminant le contenu calcique d'un os de façon plus précoce que par les moyens actuels.

La TDM ne remplace pas la radiologie conventionnelle, mais la complète, l'indication de l'examen TDM ne devant pas être posée sans avoir un bilan radiologique préalable.

Les indications doivent être discutées dans l'intérêt du malade pour ne pas tomber dans l'iconographie inutile, qui ne satisfait que le collectionneur et surcharge les appareils déjà peu nombreux en France.

Enfin, l'irradiation est peu importante (1 rad-peau par coupe) et la justesse de l'indication passe une fois encore avant des considérations pseudo-écologiques : l'apport d'éléments nécessaires au diagnostic, le respect du malade, doivent rester nos seules préoccupations.

VU, le Doyen de la Faculté
de Médecine Alexis Carrel

Professeur R. MORNEX

Le Président de la thèse

Professeur E. LEJEUNE

Vu, et Permis d'imprimer

LYON, le 2.10.1979

Le Président de l'Université
Président du Comité de Coordination
des Etudes Médicales

Professeur D. GERMAIN

B I B L I O G R A P H I E



1. P. AMOROS

Etude radioclinique de l'hyperostose vertébrale ankylosante : maladie de FORESTIER.
Mémoire CES Radiologie . Marseille 1977.

2. M.L. AUBIN, J. VIGNAUD, C. JARDIN

La tomodensitométrie du rachis.
4e Congrès annuel de la Société Française de Neuroradiologie, Toulouse 3-5 Mai 1979.

3. C.R. ARCHER, V. YEAGER

Internal structures of the knee visualized by computed tomography.
Journal of Computer Assited Tomography, April 1978.

4. ANGEREAU

De la hanche dysplasique de l'enfant à l'arthrose de l'adulte.
Paris, Thèse 1979.

5. H. BECKER, H. GRAU, H. HACKER, K.W. PLODER

The base of the skull : a comparison of computed and conventional tomography.
Journal of Computer Assited Tomography, January 1978.

6. J. BEDOUELLE

Antéversion des cols fémoraux.
Acta Orthopaedica Belgica Towe 43 - Fox . 4. 1977

7. M.A. BELLEMANS, Ch. LAGEY, F. ERBSMANN, N. CREMER-PERLMUTTER

Acetabular measurements in normal children and perthes'disease at the onset of the affection and during the course of the illness.
European Society of Pediatric Radiology, Brussels, April 20.22 1978

8. D.R. BENSON, A.B. SCHULTZ, R.L. DEWALD

Roentgenographic evaluation of vertebral rotation.
The Journal of Bone and Joint Surge. 8A,n° 8, December 1976.

9. J. BERARD

A propos de huit cas d'hypertorsion tibiale externe associée à un genu varum.
Thèse Lyon 1976.

10. J. BERARD. G. BOUSQUET, A. TRILLAT

A propos de huit cas d'hypertorsion tibiale externe associée à un genu varum.
Acta Orthopaedica Belgica, Tome 43, Fasc. 4. 1977

11. P.E. BERGER, J.P. KUHN

Computed tomography of tumors of the musculoskeletal system in children.
Radiology 127 : 171-175, April 1978.

12. P. BLAIMONT , R. SCHOON

A propos de deux cas de gonarthrose associée a un vice de torsion interne du tibia.
Acta Orthopaedica Belgica ; Tome 43, Fasc. 4. 1977

13. J.G. BRADLEY, H.K. KUANG, R.S. LEDLEY

Evaluation of calcium concentration in bones from CT scans.
Radiology 128 : 104 - 107, July 1978.

14. R.A. BROOKS

Bone corrections in computer assisted tomography.
Radiology, Vol. 1, n° 2, 1977

15. D. COLLEY , S. DUNSKER

Traumatic narrowing of the dorsolumbar spinal canal demonstrated by computed tomography.
Radiology 129 : 95-98, October 1978.

16. E.CHEW, G. WEISS, R. BROOKS, G. DICHIO

Effect of CT noise on detectability of test objects.
Am. J. Roentgenol. 131 : 681-685, October 1978

17. C.G. COIN, Y. CHAN, V. KERANEN, M. PENNINK

Computer assisted myelography in disk disease.
Journal of Computer assisted tomography 1 (4), 1977.

18. COUSSEMENT FAURE ; COUSSEMENT BEYLARD

Repères mesures en radiologie.
Monographie des Annales de Radiologie. Expansion scientifique.

19. J. DESPONTIN, P. THOMAS

Réflexions sur l'étude de l'articulation fémoro-rotulienne par la méthode des tomographies axiales transverses computerisées.
Acta Orthopaedica Belgica, Tome 44, Fasc. 1978.

20. G. FABRY

Torsion of the femur.
Acta Orthopaedica Belgica, Tome 43, Fasc. 4, 1977.

21. **J. FIELDING, W. STILLWELL, K. CHYNN, E. SPYROPOULOS**
Use of computed tomography for the diagnosis of atlanto-axial rotatory fixation.
The Journal of Bone and Joint Surgery, Vol. 60 A, n^o 8, December 1978.
22. **F. GARGANO, J. MEYER, P. HOUDEK, K. CHARYUM**
Transverse axial tomography of the cervical spine.
Radiology, 113 : 363-367, November 1974.
23. **J.F. GINESTIE, J.L. LAMARQUE**
Scanner et appareil locomoteur.
Radiodiagnostic 30 999 - 39.
24. **G.P. GONON, J.C. de MAUROY, P. STAGNARA**
La scoliose de l'anatomie pathologie à la biomécanique, de l'expérimentation à la clinique.
Journées de la scoliose, Lyon 8, 9, 10. II. 79
Association Lyonnaise pour le développement des études du rachis.
25. **Z. GROSSMAN, B. WISTOW, H. WALLINGA, E. HETTEMAN**
Recognition of vertebral abnormalities in computed tomography of the chest and abdomen.
Radiology, 121 : 369-373, November 1976.
26. **S. HAMMERSCHLAG, S. WOLPERT, B. CARTER**
Computed tomography of the spinal canal.
Radiology 121 : 361 - 367, November 1976.
27. **S. HAMMERSCHLAG, S. WOLPERT, B. CARTER**
Computed tomography of the skull base.
Journal of Computer Assisted tomography 1 (1), 1977
28. **K. HANAI, H. ADACHI, H. OGASAWARA**
Axial transverse tomography of the cervical spine narrowed by ossification of the posterior longitudinal ligament.
The journal of Bone and Joint Surgery, Vol. 59 B , n^o 4, November 1977
29. **R.D. HAYWARD**
The craniocervical junction : computed tomography demonstration of the normal and abnormal soft tissues and bone.
Journal of Computer Assisted tomography.
30. **D.C. HARWOOD-NASH, C.R. FITZ**
CT of the spine in children.
Journal of Computer Assisted tomography.
31. **R. HEELAN, R. WATSON, J. SMITH**
Computed tomography of lower extremity tumors.
AJR 132 : 933-937, June 1979.

32. G. HERMANN, J. ROSE

Computed tomography in bone and soft tissue pathology of the extremities.
Journal of Computer Assisted Tomography 3 (1) : 58 - 66. February 1979

33. Th. HINDERLING, P. RUEGSEGG, M. ANLIKER, C. DIETSCHI

Computed tomography reconstruction from hollow projections : an application to in vivo evaluation of artificial HIP joints.
Journal of Computer Assisted Tomography, 3 (1) : 52 - 57, February 1979

34. C. HOUSTON, W. ZALESKI

The shape of vertebral bodies and femoral necks in relation to activity.
Radiology 89 : 59 - 66 July 1967

35. H. JAMES, M. OLIFF

Computed tomography in spinal dysraphism.
Journal of Computer Assisted Tomography 1 (4). 1977.

36. M. KAISER, J.A. VEIGA-PIRES, R.S. DOSSETOR

La valeur de la tomodensitométrie (C.T. Scanning) dans les affections de la colonne vertébrale.
Annales de Radiologie 1979, 22 (1) , 1-6

37. G. KEENE, M. HONE, M. SAGE

Atlas fracture : démonstration using computerized tomography.
The Journal of Bone and Joint Surgery.

38. M. KERSHNER, G. GOODMAN, G. PERLMUTTER

Computed tomography in the diagnosis of an atlas fracture.
Am. J. Roentgenol. 128 : 588 - 589, April 1977.

39. D. KIDO, R. GOULD, F. TAATI, A. DUCAN, J. SCHNUR

Comparative sensitivity of ct Scans, radiographs and radionuclide bone scans in detecting metastatic calvarial lesions.
Radiology 128 : 371 - 375, August 1978.

40. H. KINZINGER

Les vices de torsion des membres inférieurs.
Acta Orthopaedica Belgica, Tome 43, Fasc. 4. 1977.

41. R. KOHLER, DENIS, LAHNECHE-CHAUNOT, LUBRANO DI DIEGO, CHAPPUIS-DAUDET

La scintigraphie osseuse chez l'enfant.
Chirurgie Pédiatrique, 1979, 20, n° 4.

42. KOHLER

Ostéochondrite des hanches.
Compte-rendu du Symposium tenu à Bruges le 24.5.79

43. G. KONING

Radiography of the proximal femur for angle measurement.
Z. Orthob. 115 : 310 - 320, 1977.

44. R. KRAMER, G. JANETOS

Image manipulation in the detection of bone lesions with CT. Scanning.
Am. J. Roentgenol. 128 : 332 - 333 February 1977.

45. J. KUHN, P. BERGER

Computed tomographic diagnosis of osteomyelitis.
Work in Progress, February 1979.

46. N. LASDA, E. LEVINSOHN, H. YUAN, W. BUNNELL

Computerized tomography in disorders of the hip.
The Journal of Bone and Joint Surgery, Vol. 60 A, N° 8, December 1978.

47. M. LAVAL-JEANTET, A.M. LAVAL-JEANTET, J.L. LAMARQUE, B. DEMOULIN

Evaluation de la minéralisation osseuse vertébrale par tomographie computerisée.
J. Radiol. 1979, t. 60, n° 2, pp. 87-93.

48. J.L. LAMARQUE

CT Scanning in orthopedics : first result.
Journal of CAT, Vol 2, n° 2, April 78, p. 239.

49. B. LEE, E. KAZAM, A. NEWMAN

Computed tomography of the spine and spinal lord.
Radiology 129 : 95-102, July 1978.

50. J.L. LERAT

Morphotypes des membres inférieurs.
Monographie : Chirurgie du genou - Simep Editions.

51. J.L. LERAT

Morphotypes des membres inférieurs - Incidences thérapeutiques sur la pathologie dégénérative du genou.

52. S. LIPSON, J. MAZUR

Anteroposterior spondyloschisis of the atlas revealed by computerized tomography scanning.
The Journal of Bone and Joint Surgery, Vol. 60 A. N° 8, December 1978

53. L. LUDE, W. TAILLARD

Le développement de la congruence articulaire de la hanche chez l'enfant.
Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'appareil moteur. T. 50 n° 6,
Novembre - Décembre 1964.

54. E. MALINGUE

Etude de la torsion du membre inférieur par tomographie axiale transverse.
Thèse Brest 1977.

55. C. MANELFE, A. RASCOL, J. ESPAGNO, B. GUIRAUD, D. MIGNARD

Exploration des syringomyélies par myélocisternographie computerisée au Metrizamide.

56. C. MASSARE

Place de la radiologie dans les mesures de la torsion des membres inférieurs.
Acta Orthopaedica Belgica Tome 43, Fasc. 4, 1977.

57. M.H. MEHTA

Radiographic estimation of vertebral rotation in scoliosis.
The Journal of Bone and Joint Surgery Vol. 55 B, N° 3, August 1973.

58. METAIZEAU, PEVOT, ROLAND, PICARD

Tomodensitométrie : apport dans les épiphysiodèses pathologiques.
La nouvelle Presse Médicale, 14 - 28 juillet 1979, 8, n° 32.

59. H. NAKAGAWA, B. WOLF

Delineation of lesions of the base of the skull by computed tomography.
Radiology 124 : 75 - 80, July 1977.

60. H. NAKAGAWA, Y. HUANG, L. MALIS, B. WOLF

Computed tomography of intraspinal and paraspinal neoplasms.
Journal of Computer Assisted Tomography 1 (4), 1977

61. L. NICOD

Le devenir des vices de torsion de l'enfant.
Acta Orthopaedica Belgica, Tome 43, Fasc. 4, 1977.

62. W. NYKAMP, J.M. LEVY, F. CHRISTENSEN, R. DUNN, J. HUBBARD

Computed tomography for a bursting fracture of the lumbar spine.
The Journal of Bone and Joint Surgery, Vol. 60 A, N° 8, December 1978

63. J. O'CONNOR, J. COHEN

Computerized tomography (Cat scan, CT scan) in orthopaedic surgery.
The Journal of Bone and Joint Surgery, Vol. 60 A, n° 8, December 1978.

64. J. PADOVANI, F. FAURE, P. DEVRED, M. JACQUEMIER, P. SARRAT

Intérêt et indications de la tomodensitométrie dans le bilan des luxations congénitales de la hanche.

65. H. PAVLOV, R.H. FREIBERGER, M.F. DECK, J.J. MARSHALL, J.K. MORRISSEY

Computer assisted tomography of the knee.
Investigative Radiology Janv. Feb. 1978, 13, : 57 - 62.

65 bis. B.R. PULLAN, T.E. ROBERTS

Bone mineral measurement using an emi scanner and standard methods : a comparative study.

1978 : British Journal of Radiology, 51, 24.28

66. G. RAB

Biomechanical aspects of salter osteotomy.

Clin. Orthop. and Res. Research. n° 132, May 78.

67. N.E. REICH, F.E. SEIDELMANN, R.R. TUBBS, W.J. Mc INTYRE, T.F. MEANEY, R.J. AFIDI, R.G. PEPE

Determination of bone mineral content using Ct Scanning.

Am. J. Roent. 127 : 593-594, 1976.

68. REVAK C.S., BANERSEE K., ALEXANDER GH.

Practical method of bone calcium determination by Ct scanning of long bones.

Journal of Cat. Vol. I. n° 3, July 77, p. 362.

69. I. RESJO, D. HARWOOD-NASH, C. FITZ, S. CHUANG

CT metrizamide myelography for intraspinal and paraspinal neoplasms in infants and children.

AJR : 132, March 1979.

70. G. ROBERSON, H. LLEWELLYN, J. TAVERAS

The narrow lumbar spinal canal syndrome.

Radiology 107, 89 - 97, April 1973.

71. J.S. ROYE, G. HERMANN

Computerized tomography of the extremities in children.

European Society of Pediatric Radiology Brussels, April 20 - 22, 1978.

72. P. RUEGSEGG, U. ELSASSER, M. ANLIKER, H. GNEHM, H. KIND, A. PRADER

Quantification of bone mineralization using computed tomography.

Radiology, 121 : 93 - 97, October 1976.

73. R.A. RUTHERFORD, B.R. PULLMAN, I. ISHERWOOD

Measurement of effective atomic number and electron density using an emi scanner.

Neuroradiology 11 : 15-21, n° 1, 1976.

74. N. REICH, F. SEIDELMANN, R. TUBBS, W.J. MAC INTYRE, T.F. MEANEY, R.J. ALFIDI, R.G. PEPE

Determination of bone mineral content using Ct Scanning.

Am. J. Roentgenol. 127. 593-594, 1976.

74 bis. L.W. ROUB, B.P. DRAYER

Spinal computed tomography : limitations and applications.
AJR 133 August 1979.

75. R. SALTER, J.P. DUBOS

The first fifteen years' personal experience with innominate osteotomy in the treatment of congenital dislocation and subluxation of the hip.
Clinical Orthop. and related reasearch, n^o 98, Janv. Feb. 74.

76. L.A. de SANTOS, H. GOLOSTEIN, J. MURRAY, S. WALLACE

Computed tomography in the evaluation of musculoskeletal neoplasms.
Radiology 128 : 89 - 94, July 1978.

77. L.A. de SANTOS, J.A. MURRAY

Evaluation of giant cell tumor by computerized tomography.
Skeletal RAdiology 2 : 205 - 212, n^o 4, 1978.

78. L.A. de SANTOS, M.E. BERNARDINO, J.A. MURRAY

Computed tomography in the evaluation of osteosarcoma : experience with 25 cases.
AJR 132 : 535 - 540, April 1979

79. K. SARTOR

Computed tomography of spinal tumours.
X. Tract. Juillet 1979.

80. W.J.W. SHARRARD

Les torsions du tibia.
Acta Orthopaedica Belgica, Tome 43 , Fasc. 4, 1977.

81. J.J. SHELDON, T. SERSLAND, J. LEBORGNE

Comented tomography of the lower lumbar vertebral column.
Radiology 124 : 113 - 118, July 1977.

82. A. SHIRKHODA, R. ROHNSTON, E.V. STAAB, W.H. Mc CARTNEY

Optimal computed tomography technique for bone evaluation.
Journal of Computer Assisted Tomography 3 (1), : 134-139, February 1979.

83. T.M. SCHUMACHER, H.K. GENANT, M. KOROBKIN, E.G. BOVILL

Computed tomography : its use in space-occupying lesions of the musculoskeletal system.
The Journal of Bone and Joint Surgery, Vol. 60 A, n^o 5, July 1978

84. R. TADMOR, K.R. DAVIS, G.H. ROBERSON, P.J. NEW, J. TAVERAS

Computed tomographic evaluation of traumatic spinal injuries.
Radiology 127 : 825-827, June 1978.

84 bis. TUROFF, BECKER, LEWIS

Ewing's sarcoma : unusual presentation delineated by C.T.
Journal of Bone and Joint Surgery Vol 60 A, n° 8, Dec. 1978.

85. H. VERBIEST

Fallacies of the present definition, nomenclature, and classification of the stenose of the lumbar vertebral canal.
Spine, Volume 1, N° 4, December 1976.

86, J. WILSON, M. KOROBKIN, H. GENANT, E.G. BOVILL Jnr.

Computed tomography of musculo skeletal disorders.
A.J.R. 131 : 55 - 61, July 1978.

87. J. de WINTER

The emi whole body scanner and the radiotherapist.
Radiology Vol. 2, n° 2, 1978.



